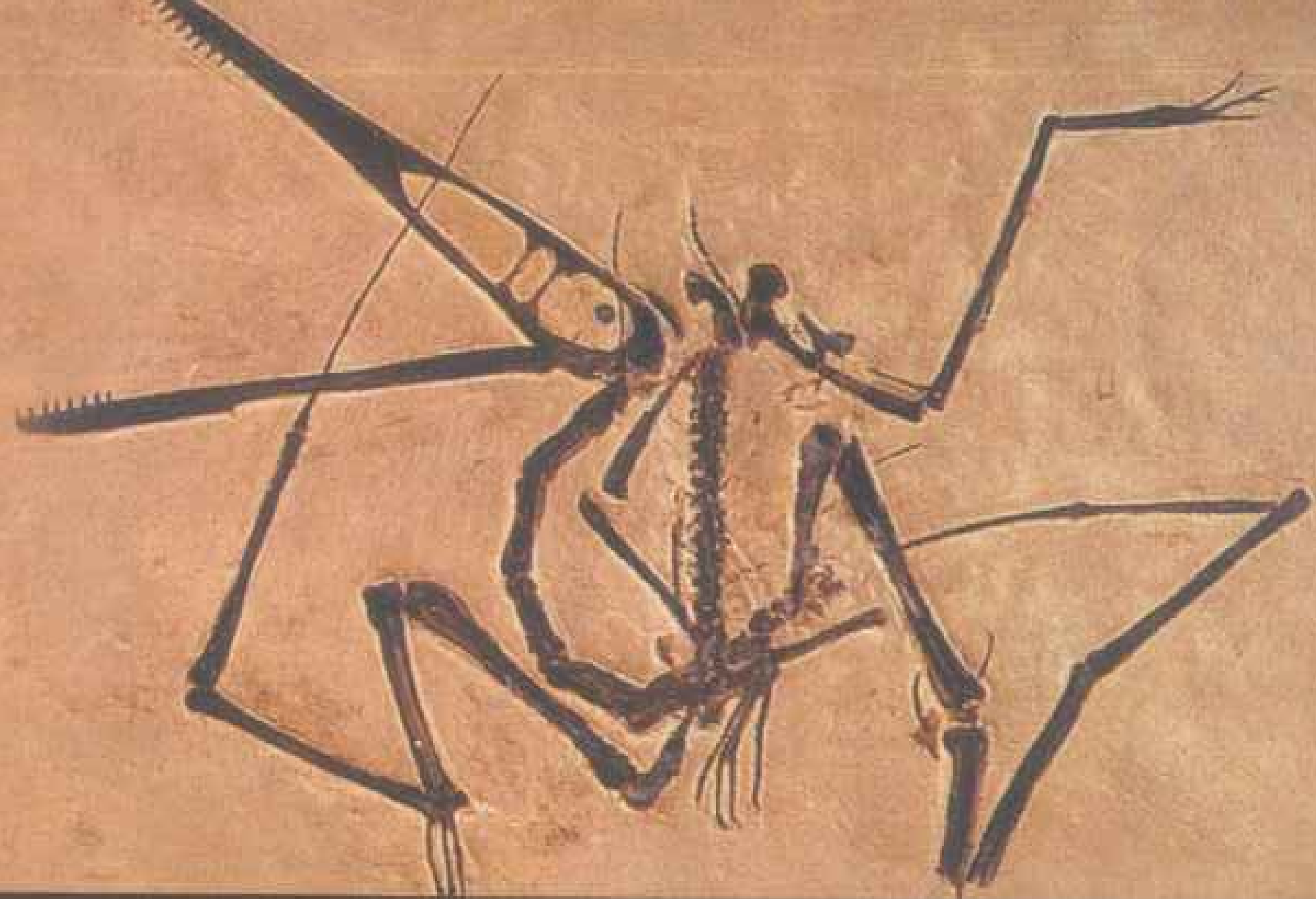


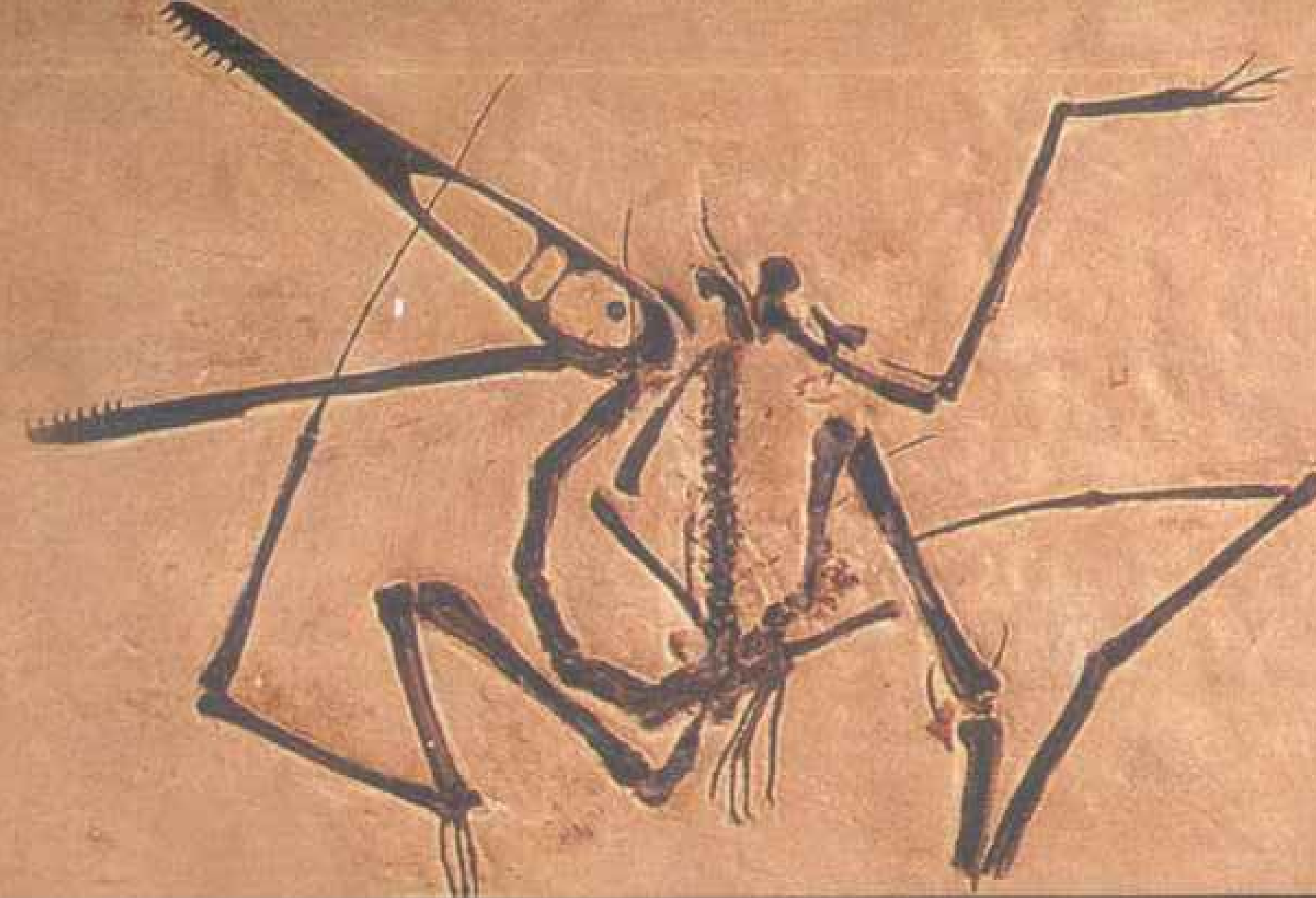
La teoría darwiniana de la evolución, fundamento de la biología durante más de un siglo, está en crisis. La idea basada en los postulados de la evolución de las especies, que socavó los cimientos de la religión cristiana del siglo XIX, se ha convertido en una "religión" que a su vez se ve amenazada por ideas nuevas. B. Leith nos conduce, en este libro, al corazón de un debate tan fascinante como el que dio la bienvenida a *El origen de las especies*. El autor, entre réplicas y contrarréplicas, investiga las pruebas científicas y saca a la luz las debilidades –y las glorias– de la teoría darwiniana pura. ¿Es realmente la selección natural tan fuerte como para crear especies nuevas? ¿Pueden los genes por sí solos actuar como un "programa" para el desarrollo? ¿Por qué existen lagunas en el registro de fósiles?

Brian Leith, graduado en biología por la Universidad de Londres, realizó su "aprendizaje" de la evolución estudiando la variabilidad en las poblaciones europeas del caracol Cepaea. Ha dirigido varios programas radiofónicos de la BBC en los que se debatían las controversias actuales en torno a la teoría de la evolución de Darwin.

El legado de Darwin
B. Leith

91

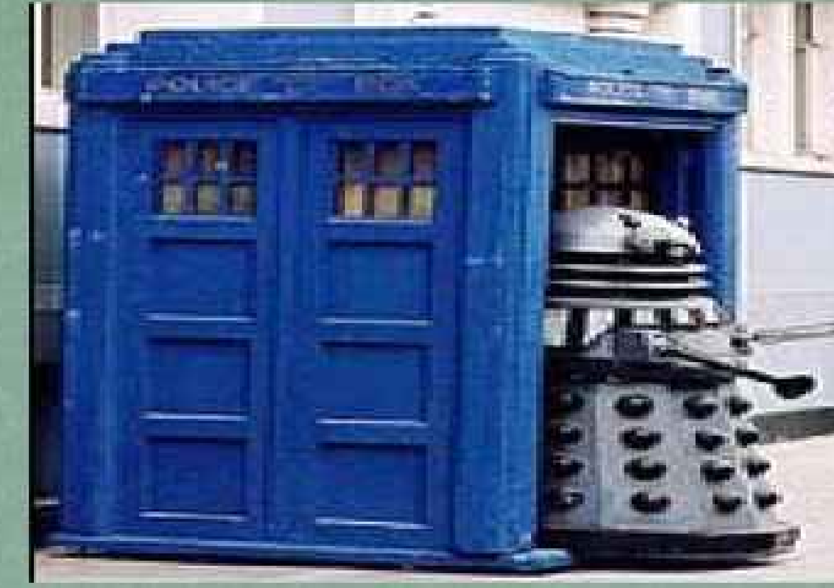




El legado de Darwin

Brian Leith

Biblioteca Científica Salvat







El legado de Darwin

Biblioteca
Científica
Salvat



El legado de Darwin

Brian Leith

SALVAT

Versión española de la obra original inglesa
The descent of Darwin, publicada por William Collins
Sons & Co. Ltd. de Londres

Traducción: José Crespo
Diseño de cubierta: Ferran Cartes / Montse Plass

ISBN: 84-345-8880-3 (Obra completa)
ISBN: 84-345-8971-0 (Volumen 91)
Depósito Legal: B-6421-1995
Publicada por Salvat Editores, S.A., Barcelona
Impresa por Printer, i.g.s.a. Marzo 1995
Printed in Spain

ÍNDICE

PREFACIO

Si he simplificado o polarizado los diversos debates existentes en el seno de la teoría darwiniana actual, ha sido para aclarar los problemas de cara al profano en biología. Espero que esto no lo refuten ni los críticos, ni los defensores de la «fe».

Agradezco al profesor Sam Berry, al doctor Laurence Cook, a Robert MacDonald y Laura Zunz sus inestimables críticas del original y también a Stephanie Burton, y a Libby y Kate Tiffin, su trabajo en la preparación del libro.

INTRODUCCIÓN

Ninguna teoría científica ha despertado tanto interés en el mundo no específicamente científico como el darwinismo. No es de extrañar: la sencilla proposición de Charles Darwin de que la vida ha evolucionado al correr del tiempo mediante selección natural, no puede menos que influir, y mucho, en nuestra vida cotidiana. La teoría de Darwin pretende explicar una fracción asombrosamente grande del mundo que nos rodea: desde el delicado equilibrio de la pluviisilva tropical y los interrogantes médicos acerca de los orígenes de la enfermedad, a las motivaciones que hay detrás de las intrincadas pautas del comportamiento humano. El darwinismo no es sólo una ambiciosa teoría de la naturaleza orgánica: es, virtualmente, una filosofía de la vida en sí. Además, la idea inherente al darwinismo —que la vida quizá no tenga ningún «propósito» en el sentido religioso tradicional— despierta el interés, o incluso la hostilidad, de sectores no relacionados con la biología.

En este sentido, el darwinismo es un caso único entre las teorías científicas. Al intentar explicar no sólo fenómenos del mundo externo, sino también el origen del hombre y su lugar en dicho mundo, el darwinismo salva la distancia entre filosofía y ciencia, entre fe y razón, como ninguna otra teoría. Si diéramos en descubrir el día de mañana que Copérnico estaba en un error, que en realidad el Sol gira alrededor de la Tierra y no al revés, ¿qué sucedería? Huelga decir que tanto

físicos como astrónomos pasarían grandes apuros tratando de reconciliar el descubrimiento con las restantes observaciones, pero, ¿cambiaría su vida o la mía? ¿Concebiríamos de manera distinta nuestro propio ser o el fin de nuestra existencia? Con toda probabilidad, no.

Con el darwinismo sería diferente. Si de repente descubriéramos que la vida no ha evolucionado, o que lo ha hecho de un modo esencialmente no darwiniano, el efecto en nuestra vida sería tangible. Los biólogos habrían de replantearse sus observaciones de la naturaleza, pero a los teólogos, filósofos e incluso los políticos se verían obligados a reconsiderar el lugar del hombre en la naturaleza. En los casi ciento veinte años transcurridos desde la publicación de *El origen de las especies*, los principios darwinianos han penetrado en todos los rincones de nuestra «imagen del mundo». ¿Por qué grita el bebé?: para asegurar su supervivencia. ¿Nacen todos los hombres iguales?: no, los hay más aptos y más pugnaces que otros. ¿Por qué existe algo como el altruismo?: para que el altruista, a la postre, pueda salir beneficiado. Guste o no, muchos de los problemas centrales del darwinismo lo son asimismo de nuestra cultura y política: superpoblación, lucha por la existencia, aprovechamiento racional de los recursos, etc. Una teoría acerca del origen del hombre tiene que ir más allá de la mera ciencia.

Constituye, por tanto, preocupación inmediata de biólogos y profanos atacar el darwinismo. La teoría de la vida que socavó la religión del siglo XIX, se ha convertido virtualmente en otra religión que, a su vez, se ve amenazada por nuevas ideas. Los embates no proceden sólo de creacionistas y fundamentalistas religiosos que rechazan el darwinismo por razones morales y políticas. El grueso de las críticas provienen de la propia ciencia. Las dudas acerca del darwinismo representan más una rebelión intestina que un ataque exterior.

Todavía más sorprendente es que dichas dudas surjan al mismo tiempo en varias ramas independientes de la ciencia. Con la creciente valoración de la filosofía de la ciencia —a causa, en buena medida, de la influencia del filósofo Karl Popper— han surgido ciertos interrogantes acerca de si el darwinismo es, en términos rigurosos, científico. ¿Se trata, en realidad, de una teoría verificable —como tienen que serlo las buenas teorías? ¿Se fundamenta la selección natural, en cuanto idea, en una tautología, en un simple replanteamiento de algunos postulados iniciales? Desde el seno de la biología, las dudas proceden de científicos de media docena de disciplinas independientes. Muchos paleontólogos no admiten la supuesta gradación de la evolución darwiniana; creen que los indicios apuntan a un cambio brusco —o, por el contrario, a un inmovilismo total. Ciertos genetistas ponen en tela de juicio la explicación dada por Darwin al «origen de las especies», convencidos de que tal vez la selección no guarde relación alguna con los acontecimientos que conducen a la aparición de nuevas especies. Entre otros científicos, por ejemplo, inmunólogos, embriólogos y taxónomos, parece ir cobrando cuerpo la misma opinión: hay mucho que decir de la evolución, más de lo que Darwin concibió, e incluso la síntesis moderna de las ideas evolutivas —el llamado neodarwinismo (véase capítulo 1)— parece inadecuada en muchos sentidos.

En determinados aspectos, los ataques no son nuevos; algunos de los debates que ahora afloran a la superficie se remontan al propio Darwin, e incluso antes. Lo realmente nuevo, es el clima que tales discusiones están creando. Desde los días de Darwin y su «bulldog», T. H. Huxley, y en particular desde la síntesis, tan segura de sí misma, que creó el neodarwinismo en el segundo tercio de este siglo, cualquier ataque a la teoría de la evolución ha sido tachado claramente de lesa estupidez —prueba palmaria de aberración mental debida a manías religiosas o fanatismo político— y, simplemente, no se tomaba en serio. Las cosas ya no son así. En los últimos diez años, ha surgido una nueva promoción de biólogos, tenidos por respetables desde el punto de vista científico, que abrigan dudas acerca del darwinismo.

Este libro se ocupa de esos nuevos biólogos y de las razones por las que dudan de Darwin. ¿Por qué discuten ahora la ortodoxia del darwinismo? ¿Es mera coincidencia la simul-

taneidad de los ataques o existe cierto vínculo entre ellos? ¿Podrá capear la tormenta la teoría que ha sido el soporte y el foco de toda la investigación biológica en los últimos cien años? ¿Estamos en el umbral de una nueva teoría de la evolución?

1. ¿QUÉ ES EL NEODARWINISMO?

Al contrario de la opinión popular, las teorías científicas no son doctrinas rígidas, establecidas a título de postulado por los hechos de la naturaleza (aunque, con frecuencia, los científicos las adopten con un fervor casi religioso). Las teorías científicas buenas, como los buenos científicos, son flexibles; se someten a una continua actualización para dar cabida a los hallazgos más recientes. A pesar de que las ideas darwinianas se hallan quizá en el umbral de una reconsideración a fondo no se trata de una revolución súbita. El darwinismo ha venido desarrollándose como teoría desde 1850, y es mucho lo que ha cambiado ya desde la hipótesis original de Darwin.

Cuando Darwin escribía *El origen de las especies,* el proceso subyacente de la herencia —concepto vital para la evolución— era en gran medida un misterio. Estaba harto comprobado que los hijos se parecen a los padres y, sin embargo, no existía el concepto de herencia para explicar por qué es así, por qué ciertos caracteres —como el color de los ojos en el hombre— son de herencia «todo o nada», en tanto que otros se mezclan y son variables. Habría, es evidente, una incómoda laguna en la teoría de Darwin mientras no hubiera una explicación convincente de la herencia. En 1900, con el descubrimiento del trabajo del monje austriaco Gregor Mendel, se incorporaron a la biología las reglas básicas de la herencia y se reconsideró el darwinismo para ver si la teoría era compatible con las leyes recientemente descubiertas por

Mendel. De igual modo, a principios de la segunda mitad de este siglo, con los espectaculares adelantos de la química molecular, que llevaron a Watson y Crick a cartografiar la estructura atómica del ADN y descifrar el código genético, resultó imprescindible examinar de nuevo la teoría darwiniana. En uno y otro caso, la teoría al uso fue capaz de asimilar sin dificultad los descubrimientos de la genética: de esta manera, la propia teoría de la evolución ha evolucionado y se ha diversificado como explicación de la naturaleza. Hoy sabemos que, en ciertos aspectos, Darwin estaba muy equivocado —su misma hipótesis sobre la herencia era ingenua y errónea—, pero el núcleo central de su teoría subsiste como fundamento de la moderna teoría de la evolución, o neodarwinismo.

Así pues, en realidad, el neodarwinismo es pura y simplemente un darwinismo que ha incorporado los adelantos científicos de la última centuria, en particular los conocimientos acerca de la herencia y el ADN. Hasta comienzos del presente siglo, la mayoría de los biólogos consideraba el darwinismo como «una teoría más», con sus bastiones y sus puntos débiles. Aunque Darwin había sentado la idea de evolución por encima de toda duda razonable, su teoría de la selección natural como explicación de aquélla se movió en un terreno poco firme mientras no se comprendió detalladamente la herencia. Conseguida la síntesis, la evolución por selección natural se convirtió en el principio unificador de toda la biología y lo continúa siendo desde entonces.

Luego, ¿qué es la teoría neodarwiniana de la evolución? Con objeto de ponderar el alcance de las recientes dudas y ataques, importa definir el teatro de operaciones, perfilar este gran principio unificador llamado neodarwinismo, que ha dominado toda la biología durante más de una generación.

El quid del darwinismo y del neodarwinismo es la selección natural, o la «supervivencia del más apto», la idea de que las especies pueden surgir por la diferente supervivencia de las criaturas en una lucha por la existencia. La selección natural aparece como resultado inevitable de tres hechos básicos de la vida: superpoblación, variabilidad y herencia.

El primero, la superpoblación: los animales y las plantas tienden a producir más descendientes que los que pueden sobrevivir. Una pareja de ratones, por ejemplo, es capaz de engendrar una camada de unas seis crías, cinco o seis veces por año. A las seis semanas del alumbramiento, las crías están en condiciones de procrear. Si cada una de ellas encuentra compañero fuera de su familia y se reproduce con éxito, una simple pareja puede tener decenas de miles de descendientes anuales. Idéntico principio vale para todas las criaturas: una misma planta llega a producir, literalmente, millones de granos de polen; los organismos unicelulares, como las bacterias, se reproducen geométricamente (2, 4, 8, 16...) muchas veces al día. Así pues, ¿por qué el mundo no está invadido de ratones, o de dientes de león? Está claro, porque no todos sobreviven: la superpoblación entraña mortalidad forzosa.

El segundo, la variabilidad: en toda especie existe variabilidad de estructura y función corporal. Sin ir más lejos, fijémonos en el hombre: aun dentro de una misma familia no hay dos niños iguales (excepto, por supuesto, en el caso de los gemelos univitelinos). Hay diferencias en caracteres más o menos triviales, como el color del cabello o las huellas digitales, pero existen también diferencias importantes, hasta tal punto que podrían condicionar la supervivencia, como la agudeza visual o la capacidad de digerir convenientemente ciertos alimentos.

El tercero, la herencia: muchos caracteres del individuo pasan a su descendencia por transmisión genética. En el ratón, se hereda el color del pelaje; en el hombre, se transmiten muchas irregularidades digestivas. De hecho, se cree que la mayoría de los caracteres están supeditados a la genética en mayor o menor extensión.

Si ponemos estos tres ingredientes juntos, obtendremos una lucha por la existencia. Dado que el mundo no puede sustentar un número infinito de ratones, o de dientes de león —o de hombres, si a eso vamos—, unos morirán y otros sobrevivirán. O, dicho más delicadamente, unos sobrevivirán con un poco más de éxito que otros: pueden dejar algunos

descendientes más, por ejemplo. Dicha supervivencia dependerá, en parte, de las aptitudes del ser vivo: un ratón con un carácter que le ayude a conseguir pareja, o a luchar por el territorio, o a obtener alimento con más eficacia que sus competidores, tendrá mayor probabilidad de supervivencia. Puesto que muchos de esos caracteres son heredados (o, como mínimo, dependen de la herencia), el ratón que sobreviva mejor contribuirá con más crías a la generación siguiente que su competidor menos eficaz, y esas crías serán automáticamente portadoras de los genes que determinan la eficacia. En consecuencia, al cabo de muchas generaciones, los caracteres con éxito aumentarán, mientras que los ineficaces desaparecerán y, con suficiente tiempo, la población se habrá modificado en respuesta a un medio ambiente cambiante, o a las variables exigencias del «éxito»: esto es la llamada selección natural. El neodarwinismo sostiene que un proceso de esta índole puede conducir a la creación de nuevas especies.

Para hacernos una idea de la «evolución en marcha», imaginemos una población grande de osos viviendo en Norteamérica antes de la llegada del hombre. Si los osos tenían, por lo general, éxito en la lucha por la supervivencia —si, por ejemplo, encontraron escasa competencia por parte de otras especies—, lo más probable es que se dispersaran para ocupar nuevas regiones. En tal dispersión habían de encontrar, en el transcurso del tiempo, nuevas fuentes de alimento, nuevos competidores, nuevos climas, etc. Si por un momento pensamos sólo en el clima, es evidente que a un oso de las montañas Rocosas, el ártico canadiense le debía parecer bastante frío, mientras que el sur de California le resultaría un tanto caluroso. Si existía variabilidad de caracteres, tales como el grosor de la piel, o el color de ésta, entonces cabría esperar que la selección natural favoreciese diferentes caracteres en los distintos ámbitos de la zona de distribución; en otras palabras, esperaríamos que ciertos osos sobrevivieran mejor que otros según su aptitud para responder a los cambios de clima. Así, con tiempo suficiente, sería de prever que los osos del lejano norte se diferenciaran mucho de los del

sur —los presumiríamos de mayor tamaño (para así conservar mejor el calor), con un espeso pelambre blanco (que sabemos «abriga» con más eficacia). En realidad, ésta es la situación que se da en América del Norte: el oso de Alaska, pardo, más pequeño, vive en las montañas Rocosas, templadas, mientras que el oso polar, blanco, más grande, está restringido a las costas del océano Ártico.

Valga esto como paradigma de cómo el neodarwinismo puede «explicar» muchas de las observaciones de la naturaleza (y pongo explicar entre comillas porque, por convincente que sea la historia del oso, tales explicaciones tienen en realidad más de racionalización *post hoc* que de verdadera causa conocida de lo observado). De hecho, los osos de América del Norte satisfacen todavía más expectativas del neodarwinismo. Aunque los dos osos —el de Alaska y el polar— están hoy día aislados geográficamente y taxonómicamente se consideran especies independientes, pueden cruzarse en cautividad y dar descendientes ciento por ciento fértiles. Esto es, ni más ni menos, lo que barruntaríamos si la selección natural hubiera actuado en época relativamente próxima para adaptar el oso a diferentes ambientes. Los neodarwinistas argüirían que, dado un lapso de tiempo harto prolongado, esas dos criaturas, dispares en lo físico, quedarán también aisladas en cuanto a la reproducción, lo que originará dos especies genuinas. Estos osos se hallan a pocos pasos de la especiación, de la aparición de nuevas especies, y sólo con que acumulen unas cuantas diferencias más ya no serán capaces de cruzarse entre ellos.

El neodarwinismo también admite la existencia de otros mecanismos de aparición de nuevas especies. En muchas plantas, pueden presentarse de golpe —en una generación, no en miles—, mutantes originales que son a un tiempo física y genéticamente «especies nuevas». En tales casos, el origen de las especies nada tiene que ver con la acumulación gradual de variantes beneficiosas como respuesta al medio ambiente: es más un acontecimiento discontinuo, un todo o nada, donde la selección natural se limita a desempeñar el za-

fio papel de verdugo. Acontecimientos tan radicales son la excepción en la teoría neodarwiniana; se cree que el grueso de las adaptaciones nuevas, de las especies nuevas, surge paulatinamente: resultado de muchos cambios a lo largo de muchas generaciones.

Sabemos ahora que la variabilidad sobre la que puede actuar la selección reside en su mayor parte en los genes. La aportación crucial de Mendel al darwinismo fue el descubrimiento de que muchos caracteres (como la altura, el color o la textura de los guisantes) se heredan de los padres en «paquetes» pequeños. La mayoría de las veces, estos paquetes son dominantes (como los ojos castaños en el hombre) o recesivos (ojos azules), si bien en el caso de caracteres complejos, como la estatura del hombre, se observa a menudo una especie de herencia «mezclada» (p. ej., en general, los niños son de estatura variable en comparación con los padres). Claro está, si en las poblaciones humanas todos los genes del color de los ojos fueran idénticos, no existiría variabilidad: la causa de ésta son mutaciones aleatorias, es decir, «errores» moleculares en la estructura del gen, que modifican su efecto en el ser vivo. Así, el color «azul» de los ojos puede haber surgido como mutante del «castaño», o viceversa.

La mayoría de las mutaciones son perjudiciales, porque es probable que cualquier cambio aleatorio, fortuito en el funcionamiento del gen, sea más perjudicial que beneficioso. Si diéramos en cambiar la rosca de un tornillo de nuestro automóvil elegido al azar, es muy posible que el resultado fuera más desventajoso que útil, porque nuestro vehículo ha sido ideado para realizar ciertas tareas de una manera determinada: el cambio aleatorio provocará, de seguro, una avería. Pero, cada cierto tiempo, un cambio de esta índole podría, de hecho, mejorar las prestaciones del automóvil como un todo. Mutaciones así son las que determinarán las diferencias en las «prestaciones» de las criaturas de la naturaleza, al permitir que la selección natural actúe sobre ellas.

De entrada, Darwin veía la selección natural como una enérgica «escardadura» del no apto por parte del medio ambiente. La síntesis neodarwiniana considera la selección, no como una fuerza del tipo todo o nada, sino más bien como una imperceptible influencia que únicamente puede detectarse al cabo de muchas generaciones y en el seno de grandes poblaciones. Lo cual no quiere decir que la selección actúe «para el bien de la especie» —esto es una idea equivocada de la selección natural—, significa que puede ser tan sutil que sólo es evidente en el macrocosmos. Tomemos el ejemplo de una mutación génica que aumente la fertilidad el 1%. Si estuviéramos ante camarones, podríamos contar los millares de huevos que producen, y ver que los que poseen este gen tienen el 1% más de huevos. En cambio, si investigamos elefantes, no percibiremos una diferencia tan clara: los elefantes nunca tienen centenares de crías. Sin embargo, al término de miles de generaciones, y en una población grande, quizá podríamos ver a dicho gen propagarse lentamente, porque, a veces, la posesión de un gen así puede establecer la diferencia entre el éxito o el fracaso en la reproducción.

De manera análoga, las vías por las que el medio ambiente puede marchar para seleccionar caracteres, cabe que sean mucho más variadas y débiles de lo que en un principio se pensó; la «supervivencia del más apto» no tiene por qué ser el simple lugar común del antílope que corre más que el leopardo. Aparte esta palmaria acción del ambiente (mediada, pongamos por caso, por el clima o los predadores), la selección puede actuar en muchos aspectos de la vida cotidiana:

1. Competencia dentro de la especie: por ejemplo, rivalidad territorial entre iguales.
2. Competencia entre especies: por ejemplo, rivalidad entre especies similares por unos recursos limitados.
3. Atracción sexual: por ejemplo, habilidad para conquistar pareja.
4. Fertilidad y fecundidad: por ejemplo, capacidad fisiológica para criar el máximo número de descendientes.
5. Parásitos: por ejemplo, susceptibilidad y resistencia a parásitos internos o externos.

Como es de suponer, muchas de estas facetas de la vida están relacionadas entre sí, pero demuestran las sutiles y complejas formas de cómo puede manifestarse la «supervivencia del más apto». Tamaña complejidad pone además de relieve que la selección rara vez actúa por la vía simple, aditiva. Entra en lo remoto, por ejemplo, que una mutación génica aislada condicione un único carácter corporal aislado. Dado que los genes codifican proteínas y éstas son los elementos constructivos de la vida, interesados en reacciones en cadena y rutas bioquímicas enormemente complicadas, la mutación de un mismo gen tendrá, casi seguro, un amplio abanico de «síntomas» corporales. Y aunque quizá algunos sean beneficiosos, otros, por el contrario, resultarán perjudiciales. ¿Cómo escoge la selección? He ahí una auténtica dificultad en la conceptuación de la selección natural, dificultad que los neodarwinistas consideran —al menos hoy por hoy— más como un problema que se tiene que resolver mediante investigaciones adicionales que como una laguna de la teoría en sí.

Tal es la columna vertebral del neodarwinismo, la versión de «texto escolar» que todavía se enseña en las aulas. Como dijo Theodosius Dobzhansky, uno de los autores de la síntesis neodarwiniana del primer tercio de este siglo: «evolución es un cambio de la composición genética de las poblaciones». Para los neodarwinistas de entonces, como para la mayoría de los de ahora, este sencillo aserto describiría perfectamente la base de la evolución. Hoy día, sin embargo, existe una fuerte y creciente opinión de que para evolucionar se requiere algo más que sólo genes.

2. EMPIEZAN LOS PROBLEMAS...

Si *El origen de las especies* convenció a muchos biólogos de que la evolución se había producido por medio de la selección natural, la síntesis neodarwiniana —que incorporó las leyes de la herencia al darwinismo— acabó de convencer al resto. El neodarwinismo fue un principio unificador tan formidable, a partir del primer cuarto de este siglo, que virtualmente ningún académico respetable (al menos en el mundo de habla inglesa) osó contradecirlo. Además, ¿por qué habían de hacerlo? Es una teoría convincente que, de una sentada, descifra el misterio de amplios dominios del mundo natural: la paleontología y la genética, la biogeografía y la taxonomía.

Pero esta aparente seguridad de la teoría —que tantos extremos puede explicar —es quizá su talón de Aquiles. El neodarwinismo, increíblemente ambicioso, trata de dar, de un plumazo, coherencia a una vasta fracción de la realidad, a toda la delicadeza y complejidad de la naturaleza. Ahora bien, ¿encajan todas las piezas de este rompecabezas cósmico? Visto de conjunto, todo parece concorde y nos hacemos una imagen coherente, pero, ¿cómo será de cerca?

Dado lo ambicioso de la teoría, cabe prever que posea cierta flexibilidad para afrontar la multitud de casos específicos planteados por la vida en la Tierra. En condiciones de estrés ambiental extremo, por ejemplo, sería de esperar que la selección natural eliminara con mucha mayor eficacia las criaturas inadaptadas que en circunstancias menos difíciles. Así,

para ser realista, la teoría no ha de ser intransigente acerca del poder de la selección. Es conveniente y deseable que el neodarwinismo fuese lo suficientemente dúctil para afrontar una amplia gama de observaciones. La naturaleza es exquisita y diversa: cualquier teoría que la explique, ha de reflejar estas cualidades.

Pero, existe el peligro real de que al explicar tanto, de hecho, la teoría no explique nada. Éste es el núcleo de la incertidumbre filosófica que debe afrontar el darwinismo. El concepto de adaptación constituye un ejemplo del riesgo de «explicar demasiado». Cuando un biólogo descubre un ser vivo con una adaptación útil y compleja —como la del camaleón para cambiar de color según el fondo—, la interpreta de inmediato en términos de selección natural y evolución. A decir verdad, la existencia de estas adaptaciones se toma a menudo como una prueba del poder de la selección. ¿Mas qué dirá el biólogo cuando descubra un lagarto parecido sin este mimetismo? Todas las probabilidades apuntan a que concluirá que semejante adaptación no es necesaria para la supervivencia del segundo lagarto, o que la selección no ha sido suficientemente fuerte para «crearla». Ambas conclusiones pueden ser válidas —parecen bastante razonables—, pero ahora nos tienta preguntarle qué clase de prueba contradiría la idea de la selección. Si resulta que la presencia de adaptaciones es una prueba a favor de la selección, y la ausencia de éstas no lo es en contra, ¿cabe negar entonces la existencia de la selección? Dicho de otra forma, si la selección puede explicarlo todo, ello significa que, en realidad, no explica nada. Las teorías científicas correctas han de ser verificables y, también, refutables.

Otra cuestión filosófica se refiere a la misma definición de la palabra «selección». Una de las formulaciones originarias de la selección fue «la supervivencia del más apto». Si abrimos un texto usual de genética, seguramente definirá la «aptitud» como «la capacidad para sobrevivir» o algo por el estilo. Y si se considera a los «más aptos» como «los mejores supervivientes», resulta que el concepto de la selección natural se convierte en «la supervivencia de los mejores supervivientes». ¿Dónde está la gracia? Si el darwinismo no va más allá de la perogrullada, entonces la teoría entera se asienta sobre unos cimientos muy poco firmes.

No son nuevas estas consideraciones filosóficas acerca del valor del darwinismo y el neodarwinismo como ciencia —¿es una teoría refutable?, ¿es una tautología?— se han expuesto en repetidas ocasiones desde los tiempos de Darwin. Mas están todavía en el aire, y algunos de los filósofos de renombre mundial continúan discutiendo acerca de ellas. En el capítulo 3, revisamos estas consideraciones de orden folosófico que afronta el darwinismo para ver si la teoría satisface los estrictos requisitos de una «buena» ciencia.

Pero las dudas de los biólogos —a diferencia de los filósofos—, tienen distinto origen. Ha suscitado inquietud, desde el punto de vista científico, que cuando se examinan de cerca las «junturas» del rompecabezas de la teoría de la evolución, existe la impresión de que las piezas no encajan tan nítidamente como parecía, vistas a distancia. En los capítulos 4 al 9 investigamos los seis puntos conflictivos del neodarwinismo a partir de los cuales puede llegarse a su rehabilitación, en un futuro próximo.

¿Es, en realidad, tan pujante la selección (capítulo 4)? Si los filósofos están convencidos de que tal concepto no es tautológico, de que ciertamente es una teoría científica útil, nuestra siguiente tarea será medirla en la naturaleza y averiguar cuán potente resulta como fuerza. Esto plantea algunos inconvenientes. Resulta en extremo difícil concretar y medir la selección natural, y, además, muchas observaciones de variación en plantas y animales, en diferentes ambientes, parecen desbaratar asimismo las expectativas de la selección. De entrada, ¿por qué existe tanta variabilidad en los seres vivos? ¿Por qué ésta no responde a las presiones ambientales de una u otra manera predecible? La inmensa variación genética que, según hoy sabemos, existe en la mayoría de las especies, no confiere ningún beneficio manifiesto. Por otro lado, la variabilidad no se da como sería de esperar: se diría que

hay la misma en las especies de ambientes estables que en las de ambientes fluctuantes, inestables: todo lo contrario de lo que los principios darwinianos permitirían prever.

¿Cómo surgen nuevas especies (capítulo 5)? La idea original de Darwin —que aparecen gradualmente por iniciativa de la selección natural en el transcurso del tiempo—, está actualmente muy en entredicho. De hecho, Darwin se mostró vago y poco explícito acerca del mecanismo real de la especiación (a pesar del título de su *magnum opus*). Continúan siendo, en buena medida, un misterio los acontecimientos que desembocan en la «creación» de nuevas especies. ¿Es la selección, por sí sola, lo bastante fuerte para sacar a la luz, en la naturaleza, especies nuevas, diferenciadas, aisladas sexualmente? ¿Tiene que ser por fuerza gradual el proceso, o pueden surgir nuevas especies de manera discontinua? Los resultados de miles de experimentos y observaciones de la naturaleza son ambiguos; quizá la selección natural tenga suficiente fuerza para crear adaptaciones, sin embargo, algunos experimentos recientes indican la posibilidad de que la selección sea, de hecho, ajena al origen de las especies. Existe, además, cierta controversia acerca de la velocidad a que se forman nuevas especies: los resultados más nuevos dan a entender que la especiación puede ser bastante más súbita que gradual.

¿Por qué no hallamos transiciones graduales en las secuencias de fósiles (capítulo 6)? Según Darwin y los neodarwinistas actuales, el registro de fósiles contiene lagunas por la manera azarosa cómo acontece la fosilización, condenada a ser una crónica imperfecta de la historia de la vida. ¿Pero es así? ¿Cabe atribuir sólo a «lagunas» el carácter discontinuo y desigual del registro de fósiles, o refleja cómo se desarrolla realmente la evolución? Entre los paleontólogos más avanzados reina la creciente sensación de que la intermitente historia mostrada por los fósiles exterioriza cómo ha evolucionado la vida: más a saltos y trompicones que de forma gradual. Súmese a ello la impresión, cada vez más tangible, de que hay mucho más a comprender en la «macroevolución» —la imagen en gran escala que se obtiene de los fósiles— que lo que la simple idea de la selección natural puede explicar por sí sola.

¿Podemos separar «modelo» de «proceso» (capítulo 7)? Desde Darwin, los taxónomos han interpretado la vida como un inmenso árbol donde todos los seres vivientes están en la punta de las ramas, y los fósiles serían los restos de ramas ancestrales. Así pues, el modelo de la naturaleza —las formas que existen ahora y las que existieron en el pasado— se ha interpretado en términos de proceso de la naturaleza: la teoría de la evolución ramificada en el transcurso del tiempo. ¿Ha nublado este supuesto nuestra visión de la naturaleza? ¿Podemos estar seguros de que determinado fósil, que quizá presenta un aspecto intermedio al de otras criaturas, es verdaderamente un antecesor? Con el creciente perfeccionamiento de la taxonomía, existe la impresión de que muchos asertos neodarwinistas sobre los fósiles y la ascendencia pueden estar científicamente infundados, y se deberían arrinconar. Esta sospecha de que tal vez la teoría es incapaz de auxiliar a la taxonomía e incluso puede ser un estorbo, ha conducido a que algunos taxónomos rechacen las ideas darwinianas, convencidos de que se debería averiguar más sobre el modelo antes de mostrarse intransigentes acerca del proceso que supuestamente la explica.

¿Pueden los genes aprender de la experiencia (véase capítulo 8)? Cincuenta años antes de que Darwin publicara *El origen de las especies,* el naturalista francés Jean Baptiste de Lamarck había propuesto una teoría de la evolución distinta. En vez de considerar a la selección y la variación como fuerzas impulsoras, Lamarck proponía que los seres vivos poseían la suficiente capacidad de adaptarse a nuevas circunstancias y pasar luego dicha adaptación a sus descendientes. Esta idea —que los genes pueden «aprender de la experiencia»— perdió apoyo a raíz de la publicación de la teoría de Darwin, y pasó a ser un anatema para los neodarwinistas porque niega la importancia de la mutación al azar y la selección natural. Hasta hace poco eran escasos los indicios con-

vincentes a favor del lamarquismo, y abrumadores los que hablaban en pro del neodarwinismo. Pero investigaciones recientes han reabierto la cuestión: una controvertida serie de experimentos ha intentado reavivar las ideas de Lamarck. Aun siendo estos experimentos poco convincentes, otros resultados parecen indicar que la historia es en sí incompleta; desde luego, la herencia supone mucho más que las simplificadoras leyes formuladas por Mendel.

Por último, ¿pueden los genes formar cuerpos? (véase capítulo 9). Una de las brechas abiertas en la teoría de la evolución es el vacío presente en nuestros conocimientos acerca de cómo los genes construyen de hecho los cuerpos. Esto es importante para el neodarwinismo porque se admite, por regla general, que la selección actúa sobre individuos, en términos de supervivencia o aptitud, y, sin embargo, la teoría matemática básica de la selección natural viene expuesta en términos de genes (distinción que, como veremos, es crucial). ¿Existe la supuesta correspondencia uno a uno entre genes y cuerpos? Parece que no. Constituyen todavía un gran misterio los procesos por los cuales un conjunto de genes se «convierte» en un organismo complejo, multicelular; con todo, cuesta reconciliar la mayoría de las recientes teorías del desarrollo con el neodarwinismo mecánico y «reduccionista».

Hoy día, los biólogos —que en el pasado, no habrían vacilado en proclamarse darwinistas— discuten a fondo estas cuestiones. En ciertos casos, las dudas han llevado a neodarwinistas otrora comprometidos, a renegar de la «fe» y buscar una nueva síntesis. Como la ciencia luce notorias «antojeras», muchos profesionales no se dan cuenta de que otros también comparten los reparos que pueden albergar en su propio dominio acerca de la teoría de la evolución.

Así pues, ¿quién está en lo cierto? ¿Son legítimos los ataques? ¿Sobrevivirá el darwinismo?

3. ¿ES UNA TEORÍA CIENTÍFICA EL DARWINISMO?

«He llegado a la conclusión de que el darwinismo no es una teoría científica verificable, sino un programa de investigación metafísico...»

KARL POPPER, 1974

Antes de empezar a investigar determinada teoría científica sobre el mundo, es preciso, en primer lugar, estar seguros de que dicha teoría es genuinamente científica. En otras palabras, ha de ser posible realizar experimentos que la apoyen o contradigan, para así descubrir si es, en lo fundamental «correcta» o «errónea». La razón de que la creencia en Dios no sea científica estriba en que tales experimentos son, simplemente, imposibles; el cristiano toma todas las observaciones como manifestación divina; por tanto, es imposible demostrar con rigor científico que Dios existe. (Ello no quiere decir, por supuesto, que Él no exista, sólo que no es alcanzable por la lógica o la razón.)

Al principio, debía de parecer de una notoria obviedad que el darwinismo es una teoría científica. ¿No es una hipótesis acerca de la influencia del medio ambiente en los seres vivos, verificable mediante experimentación? ¿No hay miles de científicos que dedican su vida a probar y elaborar la teoría? A decir verdad, es un dislate pedantesco defender que no es científica de cabo a rabo.

Mal que pese, el hecho de que los científicos hayan consagrado su vida al estudio del darwinismo no entraña, de forma automática, que la teoría sea necesariamente científica. Los alquimistas de la Edad Media invirtieron tiempo y energías en intentar convertir metales ordinarios en oro, y, claro está, fracasaron. Podemos ver ahora que las teorías subyacentes a los esfuerzos de los alquimistas estaban equivocadas en su misma esencia, y aunque se habrían tenido, sin duda, por «científicos», vacilaríamos hoy día en dar el mismo calificativo a sus experimentos.

El problema filosófico que comporte el darwinismo es que, en realidad, explica demasiado, que es difícil de refutar mediante experimentación. Una vez más, esto parece un contrasentido: ¿cómo la capacidad para explicar demasiado puede constituir un problema para una teoría? Una buena teoría ha de ser capaz de explicar todas las observaciones de la naturaleza. Con todo, es un auténtico problema, con el que tropiezan no sólo los filósofos de la ciencia, sino también algunos biólogos que investigan de manera directa la evolución. La dificultad radica en que si una teoría explica todas las observaciones, corre el riesgo de ser irrefutable al igual que la existencia de Dios. Según puntualizaba un genetista evolucionista, Richard Lewontin:

> «¿Qué bondad tiene una teoría parapetada por su estructura interna lógica para convenir con todas las observaciones concebibles, sea cual fuere la estructura real del mundo? Si los científicos dan en emplear teorías irrefutables desde el punto de vista lógico, mejor será que renuncien a la ciencia natural y se dediquen a la religión.»
>
> LEWONTIN, 1974

Y, como dice la cita que encabeza este capítulo, a Popper, también le preocupa la condición científica del darwinismo.

> «...un sistema científico empírico se ha de poder refutar con la experiencia.»
>
> POPPER, 1959

Cuando un hombre, descrito por eminentes científicos como «el más preclaro filósofo de la ciencia que, sin duda alguna, haya existido jamás» (sir Peter Medawar, hablando de Popper), acusa al darwinismo de ser más metafísica que ciencia, merece la pena formularse las preguntas: ¿Qué ocurre aquí? ¿De qué adolece el darwinismo como teoría científica?

La crítica originaria de Popper al darwinismo se centraba en su carácter de irrefutable. La teoría de Darwin sobre la evolución es un intento de explicar un proceso histórico; intenta averiguar cómo los seres vivos del pasado han cambiado con el tiempo para desembocar en el actual mundo de la naturaleza. Según Popper, cualquier teoría de la historia es automáticamente irrefutable, porque describe un acontecimiento singular, algo no repetible. Es imposible retroceder sesenta millones de años para confirmar nuestras ideas acerca de cómo llegaron a extinguirse los dinosaurios: fue un evento único en la historia, inabordable mediante experimentación. Y si no es accesible con experimentos, no puede ser científico, argüía Popper.

En sentido estricto, la crítica es válida. Nunca sabremos a ciencia cierta por qué se extinguieron los dinosaurios, porque nunca podremos recrear las mismas condiciones para probar una teoría acerca de ese suceso. Sin embargo, para muchos científicos, e incluso para otros filósofos de la ciencia, resulta ridículamente idealista y corto de miras tachar de acientífico al darwinismo por este motivo. Si hay que trazar la divisoria entre ciencia y metafísica según el criterio de que pueda refutarse, entonces la cosmología —importante rama de la astronomía que estudia la historia del Universo— cae sin remedio en la ficción, mientras la astrología y la frenología (el mito decimonónico de que las protuberancias de la cabeza guardan los secretos de la salud y la felicidad) son ciencia. Pueden ser ciencia falsa, pero son refutables y, por tanto, científicas. De manera análoga, si las teorías de la historia son automáticamente acientíficas, sería imposible probar que el mundo existió ayer. ¿No será esto llevar el rigor de la ciencia al extremo de lo absurdo?

Para ser justos con Popper, en la última revisión de sus ideas respecto del darwinismo, concede que si la teoría es verificable en ciertos aspectos, es científica en la misma medida. Aunque nunca será posible refutar una teoría acerca de la extinción de los dinosaurios, cabe probar una teoría así viendo hasta qué punto las pruebas disponibles se corresponden con la explicación. Está claro, concordará con los testimonios unas veces mejor que otras. Hasta ese punto la teoría es verificable y, por consiguiente, científica.

Es bastante parecido a un juicio por asesinato: nunca se puede tener la completa certidumbre de que el hombre hallado culpable es, en realidad, el asesino, a menos que hayamos visto cómo se desarrollaba el suceso. Lo que cabe hacer es acumular cuantas pruebas sea posible: el mayordomo tenía sangre en las manos, el arma homicida fue hallada en su chaqueta, el mayordomo fue visto comprando el arma el día anterior al del crimen, etc. Si las pruebas apuntan todas a una explicación, entonces es razonable admitir que el mayordomo lo cometió. Negarse a declararlo culpable porque no podemos estar por completo seguros de su culpabilidad sería, en este caso, de una severidad rayana en la estupidez.

Por tanto, la teoría darwiniana de la evolución, es aceptable como ciencia a pesar de no ser, hablando en términos estrictos, refutable. Lo mismo se aplica a otras teorías históricas: la teoría cosmológica de la gran explosión *(«big bang»)* es científica en tanto en cuanto podemos contrastarla con observaciones de la física y la astronomía. Diríase que sólo las hipótesis ambiciosas —las que se limitan a sucesos presentes y futuros— pueden ser rigurosamente científicas en el sentido de ser refutables.

Los filósofos tienen otra cuenta pendiente con la teoría de la evolución, una cuenta que ha perseguido al darwinismo durante cien años: ¿es una tautología el concepto de selección natural? Tautología es decir una cosa dos veces con diferentes palabras, y, por tanto, es una tontería o una afirmación que, por evidente, carece de sentido. La declaración, «varios solteros que no estaban casados, fueron a la reunión», es una memez porque, obviamente, los solteros no están casados, mientras que la frase implica que pueden estarlo.

Gran parte de las matemáticas es tautología por la forma como están definidas las premisas básicas. Por ejemplo, la afirmación «uno más uno son dos» es una tautología por la definición misma de las palabras: es absolutamente inimaginable que «uno más uno» diera cualquier otro resultado distinto de «dos». Los números y las operaciones de sumar y restar están definidos de forma tal que no cabe otro resultado. Esto no significa que las matemáticas sean inútiles. Con sus reglas y definiciones, son una poderosa herramienta para desenmarañar las relaciones de los números. Lo importante es que no están en condiciones de decir nada nuevo acerca del mundo exterior. No son verificables frente a la realidad. Por mucho que se investigue, nada cambiará el hecho de que «ocho dividido entre cuatro sea dos», porque el resultado mismo es una reafirmación lógica de las condiciones iniciales. Por consiguiente, para evitar ser tautológica, una tesis científica ha de ser verificable mediante experimentación.

El problema de que el darwinismo sea tautológico es sutil. Gira en torno a la definición de unas pocas palabras críticas: «la supervivencia del más apto». Ésta es la afirmación capital hecha por Darwin: que sólo el «más apto» triunfaba en la lucha por «la supervivencia». Si esta tesis fundamental nada nuevo dice acerca del mundo exterior, entonces el edificio entero del darwinismo está en un grave aprieto. Por desgracia, los sentidos en que los biólogos emplean a menudo estas palabras, convierten tal aseveración en un desatino.

Si acudimos a un texto de genética en busca de una definición de «aptitud», encontraremos algo así:

> «El genotipo con la tasa de supervivencia máxima se considera el más apto...»
>
> GOODENOUGH y LEVINE, 1975

De este modo, la tesis central del darwinismo, «la supervivencia del más apto», se transforma en: «la supervivencia de

los seres vivos que tienen la tasa de supervivencia máxima». El problema salta a la vista de inmediato; si se define la aptitud como «la capacidad para sobrevivir», entonces la «supervivencia del más apto» es una tautología: una trivialidad patente. Así pues, la tesis nada dice del mundo exterior que ya no se supiera. No permite, por ejemplo, predecir qué miembros de una población sobrevivirán y se reproducirán, pues sólo se puede medir a *posteriori* la supervivencia. En este sentido, los neodarwinistas han de evitar cierta actitud poco sistemática respecto a su teoría, o ésta llegará a no decir nada.

Sin embargo, la idea básica de la selección natural no tiene por qué ser necesariamente tautológica. Se puede plantear de manera que proponga una relación verificable. Existe, es evidente, una enorme superproducción de vida dados los recursos disponibles; y la idea de que la supervivencia no es aleatoria, resulta categóricamente contrastable. Una teoría con sentido requiere una definición distinta de aptitud. Si puede indicar por qué un ser vivo sobreviviría, en términos de su estructura o funciones, en determinado medio ambiente mejor que en otro, la «supervivencia del más apto» cobra significación de nuevo.

Tomemos los osos polares del Ártico como ejemplo. Si pudiéramos demostrar que hay excesiva producción, que nacen más osos de los que pueden sobrevivir, y si alcanzáramos a discernir por qué los supervivientes lo son, si pudiéramos, por ejemplo, señalar qué caracteres (como la capacidad de la piel para retener calor) poseen estos en común, estaríamos en condiciones de emitir un aserto científico significativo sobre la selección natural. Cabría pronosticar, por ejemplo, que «sólo los osos dotados de gruesa piel sobrevivirán al gélido invierno ártico». Semejante afirmación es verificable mediante experimentación y, por tanto, no es tautológica. (Ello no quiere decir que una aseveración aparentemente tan razonable sea correcta; como veremos en ulteriores capítulos, surgen problemas de fondo cuando se intenta demostrar la validez de las ideas darwinianas, incluso la de las más básicas.)

En ambos sentidos filosóficos, el darwinismo puede erigirse en ciencia buena. Aunque no sea, en sentido estricto, refutable, es, en principio, sin duda alguna, una teoría verificable. De modo análogo, si bien por ciertas definiciones de la palabra «aptitud», la idea de «supervivencia del más apto» llega a ser un aserto redundante, cabe también definir la aptitud (reconociendo la interacción del ser vivo con su medio ambiente) de tal manera que la selección natural sea una teoría que permita predecir, no tautológica.

Existe un último pero de los filósofos al darwinismo, que no apunta específicamente a la teoría de la evolución. Se trata, en realidad, de una crítica general a muchas teorías científicas: el problema del reduccionismo.

En cierta manera, el reduccionismo es inherente a la ciencia, porque se admite —casi como cuestión de fe— que analizando cada vez más a fondo una parte del sistema, se llegará a comprender mejor todo él; que descubriendo las leyes de un estadio de la naturaleza, conseguiremos, a la larga, «integrar» todos los estadios. Veinte o treinta años atrás —y en algunos casos aún menos— el reduccionismo estaba muy en boga. Existía en el seno de la ciencia una sensación de confianza, incluso de arrogancia, en el sentido de que, a la postre, todos los grados del conocimiento científico quedarían integrados, de modo que se explicaría la biología en función de la bioquímica; la bioquímica, según la química; la química, atendiendo a la física, y así sucesivamente. Los reduccionistas creían que, con tiempo suficiente, podríamos entender el más complejo comportamiento humano desde los puntos de vista de la física de las partículas subatómicas.

El darwinismo es, implícitamente, una teoría reduccionista, porque propone que las observaciones en muchos ámbitos diferentes de la naturaleza —desde la extinción masiva de seres vivos hace millones de años hasta el acontecimiento submicroscópico llamado mutación— admiten explicación por referencia a un principio único, aglutinador: la selección natural. Los acontecimientos del registro de fósiles se estiman como resultado, en gran escala, de la lucha entre individuos; y los cambios de las frecuencias génicas, considerados como

base subyacente de la evolución, son el resultado, en pequeña escala, de lo mismo: lucha y supervivencia individual.

Los filósofos no están en condiciones de afirmar que esto sea malo, o que el reduccionismo, en general, sea un error, pero existe un claro apartarse de este concepto «angular» de la ciencia. Reina una creciente sensación de que, con este enfoque, quizá estemos dejando de lado algunos extremos; de que es simplificador, ingenuo. Un buen ejemplo de ello es el estudio del comportamiento animal. A partir del decenio de 1950, el estudio del comportamiento pasaba ampliamente por ciencia «blanda», ciencia que carecía del rigor y la exactitud de —pongamos por caso— la física, porque, por una u otra razón, había «madrugado». ¿Cómo llegar al fondo de las interacciones sociales de los animales sin antes conocer su cerebro y su correspondiente bioquímica? Si la raíz de todo comportamiento social estribaba en el funcionamiento del cerebro de los individuos, no tenía objeto desarrollar la ciencia del comportamiento mientras no se conociera la neurofisiología y la neuroanatomía. Ahora, claro, nos damos cuenta de que existen modelos complejos de comportamiento e interacción social, dignos de ser investigados, que en modo alguno son deducibles de nuestros conocimientos acerca del cerebro o de la bioquímica. En otras palabras, cabe formular aseveraciones originales sobre comportamiento sin comprender la función cerebral. Análogamente, no podemos confiar en los neurofisiólogos para predecir los logros del comportamiento; hoy día, el comportamiento animal es un campo científico en expansión y que goza de popularidad, generador de intuiciones inaccesibles por vías más fundamentales.

La naturaleza parece analizable en sus diversos estadios —átomos, moléculas, células, individuos, sociedades—, y las leyes que gobiernan los acontecimientos propios a cada uno de ellos, no tienen por qué estar relacionadas con las de los restantes. Si aceptamos que los acontecimientos más complejos son explicables, en último término, en función de los protones y los electrones, es muy probable que estemos pasando por alto buena parte del carácter misterioso de la naturaleza,

cuya complejidad es jerárquica, y quizá deberíamos ir con pies de plomo con las teorías que tratan de abarcar mucho y demasiado pronto.

Esta incomodidad del reduccionismo de la teoría darwiniana es detectable en varios campos. El más obvio es, sin duda alguna, la sociobiología, donde se ha puesto de moda —al menos entre ciertos sociobiólogos— intentar explicar el comportamiento social de los animales en función de ciertos genes, como el gen del «egoísmo» o el del «sacrificio» (véase también el capítulo 4, págs. 50-51). Muchos biólogos se muestran escépticos ante las simplistas afirmaciones emitidas por esta ciencia potencialmente controvertida. En este momento, la paleontología es otro campo sensible. Muchos paleontólogos —quizá la mayoría— empiezan a presentir con fuerza que, en el registro de fósiles, hay muchísimo más de lo que cabe vaticinar mediante sólo la selección natural. En un reciente trabajo de investigación *(Patterns of Evolution,* editado por Hallam, 1977), por ejemplo, de quince paleontólogos de renombre mundial, once expresaban dudas acerca de la interpretación «gradual» al uso del registro de fósiles, por la cual el propio Darwin sentía debilidad. Esta gradación se debe, originariamente, a la impresión que produce el modo de actuar de la selección natural: se creía que actuaba con lentitud para producir adaptación, por lo cual se daba por sentado que los propios fósiles debían mostrar un cambio gradual en el transcurso del tiempo. Mas, como reconocen los paleontólogos modernos, no existe una tendencia obvia de este tipo en los fósiles. El registro de fósiles, sostienen ahora, está abierto a una interpretación diferente, según la cual, los seres vivos sufrirían cambios muy rápidos para luego permanecer invariables durante largos períodos de tiempo. Y una vez más se van a pique las esperanzas «reduccionistas» —que los sucesos en escala «macro» fueran deducibles, de manera inmediata, a partir de una apreciación de la escala «micro».

Estas observaciones no contradicen, de hecho, el darwinismo; se trata, en realidad, que el simple principio de la selección natural parece inadecuado para comprender y prede-

cir todos los fenómenos evolutivos. Tal vez la evolución va más allá de la escueta «supervivencia diferencial de los genes», y esta sensación subyace en la actual sensación de incomodidad con el reduccionismo.

Por último, no podemos dejar una discusión filosófica acerca del darwinismo sin mencionar lo que actualmente es, sin duda alguna, el aspecto aislado más controvertido y «vivo» del tema: el creacionismo. Claro indicador del poder ejercido por el sector creacionista estadounidense es que el presidente norteamericano se creyera en la necesidad de apuntar, hablando de la teoría de la evolución:

> «Bueno, es una teoría, sólo una teoría científica, que recientemente el mundo de la ciencia la ha puesto en tela de juicio y ahora la comunidad científica no la tiene, por todo lo infalible que otrora se tuvo. Pero si se debe enseñar en las escuelas, creo que también habría que enseñar la teoría bíblica de la creación, que no es una teoría, sino el relato bíblico de la creación.»
>
> RONALD REAGAN, 1980

El hecho de que la evolución sea una exégesis de cómo la vida ha llegado a ser lo que es, la convierte en una «visión del mundo», en casi una filosofía. Aunque los biólogos discuten ahora acerca de cómo ha procedido la evolución, acerca de si las ideas darwinianas son oportunas para explicar la evolución, apenas unos pocos negarían realmente la idea básica de la evolución en sí. Ningún científico informado pondría en duda que la vida ha existido durante centenares de millones de años, y que las especies han aparecido y desaparecido durante ese tiempo. A decir verdad, sólo parece haber dos opciones a la evolución como explicación de la naturaleza: la teoría del estado estacionario y el creacionismo.

La biología del «estado estacionario» niega que se haya producido la evolución, que las especies han existido desde siempre. Esto sienta dos premisas: que la Tierra ha existido también desde siempre y que sus condiciones se han mantenido más o menos constantes hasta hoy. El problema de esta

idea es que difícilmente cabe negar la extinción —en la actualidad no hay dinosaurios traveseando en derredor—, de modo que la teoría del estado estacionario tiene que ser, en realidad, una teoría de la «degeneración», lo cual plantea toda clase de dificultades añadidas. La degeneración implica que el número de especies disminuye de continuo por la extinción; pero entonces, ¿de dónde vienen todas las especies de partida? ¿Dónde están los restos precámbricos (setecientos millones de años de antigüedad), por poner un ejemplo, del hombre? A pesar de las incertidumbres en torno a la edad de la Tierra y a las secuencias fósiles, no hay ninguna razón para creer que «las cosas siempre han sido como son ahora». A juzgar por las observaciones existentes, la teoría del estado estacionario no merece consideración alguna.

¿Qué pasa con el creacionismo que disfruta de semejante renacimiento en Estados Unidos? ¿Hay alguna razón para tomar en serio el concepto de «creacionismo científico», como se llama ahora? Es una cuestión importante y oportuna, porque la reciente comisión que lucha en Arkansas y Louisiana por un «Tratamiento Equilibrado» *(Balanced Treatment)*, anuncia que ha intentado obligar a los profesores de biología a presentar la evolución y la creacion como dos teorías de la vida con igual validez. (Lo cual no apunta a que la evolución y la religión fundamentada en la Biblia sean creencias mutuamente excluyentes. Las iglesias cristianas oficiales aceptan la evolución en principio, pero sostienen que el origen de la vida y la «mano guiadora» de la evolución descansan en el poder de Dios: opinión compartida por un número, que sorprende por lo crecido, de «buenos neodarwinistas». Cuando aludo aquí a los creacionistas, pienso en los integristas, que propugnan la interpretación literal del Génesis.)

Resulta muy difícil tomar en serio a muchos creacionistas; por el carácter descaradamente acientífico de su planteamiento.

> «Es hora de que los cristianos se enfrenten con el hecho de que las llamadas eras geológicas son, en lo esencial, sinónimas de la

teoría evolucionista de los orígenes. Por su parte, ésta es, en sus raíces más profundas, una conjura del mismísimo Satanás contra Dios.»

HENRY MORRIS, 1978

Seguro que Morris (quien, por cierto, es director del *Institute for Creation Research* de San Diego) piensa que los fósiles fueron puestos ahí por Satanás para confundirnos.

¿Existe alguna razón científica, propuesta por los creacionistas, que deba hacernos renegar de la evolución a favor de la creación?

El primer principio del creacionismo, según Morris, es que «el universo físico de espacio, tiempo, materia y energía no siempre ha sido, sino que fue engendrado de forma sobrenatural por un creador personal, trascendente que, sólo Él, ha existido desde la eternidad». Así, desde el comienzo, los creacionistas admiten que su teoría es «sobrenatural», inabordable por medio de la lógica y la ciencia. Como, por definición, es imposible probar científicamente un fenómeno sobrenatural, no puede haber pruebas a favor de la creación, sólo las hay en contra de la evolución.

Tal es la esencia del argumento creacionista: una insegura combinación de fe en la creación mezclada con testimonios contrarios a la evolución. Y por supuesto, existen ciertos aspectos de la evolución que están incompletos, y la teoría presenta numerosas dificultades. Dejando aparte las afirmaciones a todas luces ridículas (por ejemplo, que se ha encontrado una huella de pie humano calzado en rocas cámbricas, junto a algunos trilobites aplastados —de hace unos seiscientos cincuenta millones de años—), ¿cuáles son los ataques más serios que los creacionistas pueden desencadenar contra la evolución?

El problema clásico inherente a la evolución, en que todavía confían los creacionistas, es la dificultad de explicar formas intermedias en el desarrollo de adaptaciones complejas como el ojo, las alas, etc. Tales escollos son reales —no creo que exista hoy un evolucionista que sea particularmente feliz con las ideas en circulación acerca de cómo surgen los caracteres complejos. El propio Darwin confesaba que era casi absurdo imaginar el ojo evolucionando por selección: ¿podían todos los nervios, músculos y alveolos de los huesos aparecer de hecho sólo mediante variación al azar y selección? Otro problema se refiere al poder de la propia selección natural: quizá sea capaz de cambiar poblaciones, ¿pero puede originar especies totalmente nuevas? Este es otro interrogante que ha hecho devanarse los sesos a los darwinistas. A pesar de todas sus imperfecciones y debilidades, existe una diferencia importante entre el darwinismo y el creacionismo: el darwinismo es un riguroso intento científico de explicar lo que vemos en la naturaleza. Por la mera existencia de limitaciones en su seno, no deberíamos abandonar la razón y recurrir a la fe ciega o a «la mano de Dios». En fin de cuentas, abundan los ejemplos de fenómenos naturales —como el relámpago— que, por no ser comprendidos, en otro tiempo fueron considerados testimonio de «la mano de Dios». ¿No es señal de una sociedad madura buscar explicaciones en vez de ocultarse detrás de la mitología?

Quizá la crítica más común de los creacionistas a la evolución —o, más exactamente, al darwinismo— se refiere al papel del azar en ella. ¿Cómo, se preguntan, puede una serie de sucesos aleatorios, al azar —mutaciones— dar lugar al orden y la complejidad de conjunto que vemos a nuestro alrededor? Por razonable que parezca este comentario, revela una incomprensión del papel de la casualidad en la teoría de la evolución. Los creacionistas establecen una analogía con ladrillos y preguntan: «¿Espera que me crea que es posible arrojar un enorme montón de ladrillos y que éstos caigan en su sitio, formando una casa?» Acontecimiento improbable, claro, pero la analogía es falsa. Los ladrillos —genes—, aunque están reunidos por azar, no todos lo han sido a un tiempo. La analogía correcta consistiría en preguntar: «¿Espera que me crea que es posible lanzar un simple ladrillo a una casa ya construida, y que algunas veces adopte una posición útil?» Creo que todo el mundo debería admitir tal posibilidad. En otras palabras, el elemento casual está ahí, los genes

mutan al azar, pero desempeña un papel mucho más secundario de lo que imaginan los creacionistas. La respuesta a la segunda pregunta, aun siendo «considerablemente improbable», lo es mucho menos que la primera.

Algunos creacionistas más informados han explotado, con sutileza los puntos débiles de la armadura neodarwiniana. Apuntan a los obstáculos que enfrontan ciertas partes de la teoría, en particular las cuestiones filosóficas del tipo de si el darwinismo es ciencia; entonces, en vez de intentar demostrar que el creacionismo merece igual atención como ciencia, dan la vuelta al problema y defienden que como el darwinismo es tan poco sólido, ambas teorías son en realidad metafísicas y acreedoras, por consiguiente, de igual atención. (Cabe preguntarse cómo reaccionarían esos creacionistas ante una petición para dedicar a la evolución el mismo tiempo en las celebraciones religiosas.)

El darwinismo y la evolución tienen, sin duda, lagunas. Ahora bien, las pruebas contra la evolución no son, de ninguna manera, a favor de la creación. El creacionismo no mantiene debate científico alguno con la evolución. Con todos sus defectos, ésta es ciencia, mientras que aquél está basado en la fe. El hecho de que el creacionismo haya conseguido, en ciertas regiones de Estados Unidos, igual consideración en la biología escolar, es una parodia de educación, porque la ciencia no actúa según el principio de justicia, o de igual consideración, lo hace según el principio del mérito. Y el creacionismo no tiene ningún mérito científico: si alguien quiere pruebas de ello, pregunte a un creacionista si puede concebir la refutación de sus ideas mediante experimentación.

4. ¿QUÉ FUERZA TIENE LA SELECCIÓN NATURAL?

«Por lo que sabemos ahora, la selección natural no sólo es inevitable, no sólo es un factor de evolución eficaz: es el único factor de evolución eficaz.»

JULIAN HUXLEY, 1953

«Hasta el momento, nadie ha conseguido medir, con cierta precisión, en la naturaleza la aptitud neta de los genotipos de un locus cualquiera en alguna especie, en algún medio ambiente.»

RICHARD LEWONTIN, 1974

Establecido que la evolución era un hecho, la atención se centró en el problema del cómo. La fuerza impulsora darwiniana de la evolución, la selección natural, se ha sometido a minucioso examen desde siempre (sobre todo en los últimos veinticinco años), y durante más de un siglo, el pensamiento acerca de la evolución ha estado dominado por la controversia en torno a si la selección natural existe y, de existir, si es lo bastante potente para crear adaptaciones y nuevas especies. Tal es, en cierto sentido, el ataque original al darwinismo, dominado por la síntesis moderna a partir del primer tercio de este siglo, pero que, de diversas maneras, ha resurgido con renovado vigor. Hoy día se tienen serias dudas acerca de dónde puede actuar la selección (¿sobre grupos, sobre individuos, o en el seno del gen «egoísta»?); se discute si la selección natural es capaz de crear nuevas especies, y hasta se re-

cela de que sea la responsable de las adaptaciones básicas de los seres vivos.

Las opiniones acerca de la fuerza de la selección natural han cambiado muchísimo, incluso los de los más fervientes darwinistas y neodarwinistas. El propio Darwin se mostró típicamente escéptico en su formulación original:

> «¿Cabe poner en duda (si se tiene en cuenta que nacen muchos más individuos que los que pueden sobrevivir) que los individuos con alguna ventaja, por pequeña que sea, sobre los otros, tendrán más posibilidad de sobrevivir y procrear su tipo?»
>
> DARWIN, 1859

Creía que la selección era «...el principal, aunque no exclusivo, medio de cambio», y parece que se dio cuenta de la dificultad de recabar, en la naturaleza, pruebas contundentes a favor de la selección. En el otro extremo, Alfred Russel Wallace, codescubridor de la idea de evolución por medio de la selección, era bastante más darwiniano que el propio Darwin y consideraba a la selección natural como la única potencia subyacente a todos los rasgos observables de los seres vivos. Ningún biólogo fue tan acérrimo defensor del principio de la selección. Aun en vida de Darwin, varias nubes sombrías aparecieron sobre su teoría.

El capítulo que abre *El origen de las especies,* lleva el título «Variación bajo domesticación» y está dedicado a mostrar cómo la selección artificial realizada por el hombre es capaz de producir una extraordinaria diversidad en algunos animales y plantas. Basta con pasar revista a las diversas razas de perros para percibir la amplitud de variación existente, en potencia, en una sola especie y la manera de sacar a la luz esa variabilidad oculta: la reproducción selectiva (fig. 1). En la selección doméstica sólo se permite la reproducción a las criaturas portadoras del carácter deseado. En relativamente pocas generaciones, este procedimiento puede originar razas especializadas, con características muy exageradas, que a menudo guardarán escaso parecido con la estirpe parental.



Fig. 1. Sorprendente la amplitud de la variedad que puede albergar una criatura salvaje. En unos pocos miles de años, del perro ancestral, mediante reproducción selectiva, se han obtenido diversas razas.

Darwin trazaba un paralelismo entre el hombre y la naturaleza, y proponía que si, por lucha o presión ambiental, ciertas variantes de una misma especie sobrevivirán mejor que otras, ¿no actuaría la naturaleza como un criador para amoldar y dar forma a las poblaciones? La variación está ahí, de eso no hay duda; Darwin podía ver que la mayoría de las características —ya sean anatómicas, de comportamiento o fisiológicas— de las especies presentan variabilidad. La lucha por la supervivencia era, además, obvia. ¿No es razonable suponer, por consiguiente, que la supervivencia diferencial de los individuos en la naturaleza es una especie de programa de cría global que selecciona y crea nuevas variedades? Ex-

presado en función de la selección natural, no sólo parece razonable, sino inevitable.

No obstante, el atractivo inherente de la selección natural y el que aparentemente sea inevitable, nunca se han obtenido plenas pruebas concretas de su fuerza. Hay pocos casos concluyentes en que la selección parece haber actuado en la naturaleza para modificar una población. Incluso entre los ejemplos convincentes, como las mariposas melánicas de la Gran Bretaña industrial, no hay indicios de que se haya creado una nueva especie por selección. Ha resultado prácticamente imposible demostrar, por más veces que se ha intentado, que la selección natural es una explicación válida del origen de las especies, o siquiera un instrumento científico valedero para los evolucionistas.

Antes de considerar la selección natural en sí, hemos de preguntarnos si la analogía entre selección natural y artificial es útil. La selección artificial es, en buena medida, un proceso «todo o nada» en que los individuos indeseables no contribuyen en absoluto a la reproducción. Esto conduce, sin remedio, a una pérdida de variabilidad por incremento de la endogamia, y, como es sabido, ésta ocasiona problemas graves de malformación y esterilidad. Sólo hemos de pensar en el tabú social del hombre contra los matrimonios entre primos para hacernos cargo de que se tiene a la endogamia más por fuente de problemas que por «sacar a relucir lo mejor» de una familia. Aunque podemos contemplar los éxitos de la selección natural en los jardines de rosas o los mercados de carne, no vemos los innumerables fracasos y las dificultades que han entrañado.

> «...aun cuando es posible producir un cambio bastante rápido en una población mediante selección artificial, dichos cambios son, con frecuencia, de alcance limitado y están asociados a una mengua general de la aptitud. En la medida en que esto es así, desanima de emprender cualquier intento de explicar la evolución como resultado de la selección.»
>
> MAYNARD SMITH, 1966

Es mucho admitir viniendo de un destacado evolucionista británico. Lo de cambios «limitados» se refiere a que, en la selección natural, asistimos, por lo general, a una variación bastante rápida de los caracteres deseados, pero al cabo de pocas generaciones «se agota» el potencial de respuesta y no se observan más cambios. Dado que la variación visible es simplemente un reflejo de la variación de los genes, y puesto que se acepta que los genes no mutan a menudo para formar nuevas variantes, no ha de sorprender este agotamiento. Es imposible que exista un pozo sin fondo de nuevas variantes en un lapso de tiempo breve. Así pues, esto limita la capacidad del criador para modificar la raza.

Una última, aunque importante y aleccionadora puntualización a la selección natural: cuando una raza artificial se «devuelve a la naturaleza» —permitiendo que se cruce con un individuo «salvaje»—, casi de inmediato (en apenas unas generaciones), la descendencia revierte a la forma original. Esto lleva a pensar que, en la naturaleza, la selección podría producir cambios significativos en una población sólo si las presiones ambientales son fuertes (remedos, por así decirlo, de la selección natural), o si existiera aislamiento de la población para evitar el entrecruzamiento con individuos «salvajes», no seleccionados.

¿Cómo demostrar de manera convincente que la selección natural es capaz de alterar las características de una población en la naturaleza? Según Richard Lewontin, destacado genetista evolucionista estadounidense, la forma más concluyente de demostrar la selección sería estudiar, verbigracia, un centenar de ejemplos, elegidos al azar, de variaciones heredadas e intentar concretar las fuerzas ambientales que confieren ventajas o desventajas a tales variaciones. Si en la mayoría de los casos es posible demostrar taxativamente que el medio ambiente está determinando el incremento, o la disminución, de las variaciones, tendríamos una buena razón para creer que la selección natural puede producir adaptación. Ésa es, ni más ni menos, la tarea que ha ocupado a los genetistas de poblaciones (los que estudian la herencia en grupos de in-

dividuos que se cruzan entre ellos) durante buena parte de los últimos veinticinco años. Desde las bandas de los caracoles hasta las quetas de la mosca de la fruta, los genetistas de poblaciones se han entregado a descubrir las vías por las que la selección puede —o no— amoldar las especies a su medio ambiente.

Tomemos un ejemplo del hombre: el color del cabello. Supóngase que supiéramos que el color del cabello está determinado genéticamente y que este carácter presenta variabilidad (ambas suposiciones son, en realidad, ciertas), ¿acaso no cabría esperar que la selección actuase sobre el color del cabello? Si lográramos demostrar que, en toda población humana, los pelirrojos son más frecuentes allí donde, por un decir, las precipitaciones son elevadas, o el clima es más frío, tendríamos una excelente prueba *prima facie* de que la selección natural ha sido la causa de esta distribución, en otras palabras, que el cabello rojo es una adaptación a precipitaciones elevadas o al tiempo frío. Nos interesaríamos a continuación por averiguar por qué el cabello rojo confiere esta ventaja, pero entretanto la selección apostaría sobre seguro como causa de la distribución. Si consiguiéramos hacer lo mismo con un centenar de tipos de variación —color de los ojos, altura, etcétera—, elegidos al azar, entonces la prueba a favor de la selección sería concluyente.

Sin embargo, los resultados de estas investigaciones han sido bastante ambiguos. Hay algunos éxitos: la investigación del mimetismo en lepidópteros revela que ofrece claras ventajas a los individuos: imitar especies de sabor desagradable. Y fracasos notables: en la especie más estudiada de todas —el hombre— hay pocos indicios a favor de alguna ventaja o desventaja selectiva para la mayor parte de las docenas de grupos sanguíneos. Es confusa la impresión general.

En el estudio de la selección se ha concedido mucho interés al caracol terrestre europeo, *Cepaea nemoralis*, del cual varía el color de la concha (rosa, amarillo o pardo), así como el rayado de ésta (puede tener de cero a cinco bandas oscuras rodeándola). Está muy difundido por toda Europa y vir-

tualmente todas sus poblaciones son variables para estos caracteres. Así pues, surgen de inmediato estas preguntas: ¿Por qué esta variabilidad? ¿Actúa la selección en la concha del caracol? ¿Son más frecuentes en determinados hábitat ciertos colores o tipos de bandas? Muchos genetistas de poblaciones han dedicado centenares de años-hombre académicos a investigar los caracoles *Cepaea;* y, sin embargo, el abanico de opiniones en cuanto a qué fuerzas selectivas, si es que hay alguna, actúan en las conchas de aquéllos, es hoy día más amplio que hace treinta años. Ha habido demostraciones concluyentes de selección climática localizada (las conchas amarillas, por ejemplo, se presentan con mayor frecuencia en hábitat más cálidos), de predación visual (parece que los zorzales devastan selectivamente conchas de *Cepaea* según las propiedades crípticas de éstas), y de variación aleatoria (ciertas poblaciones de *Cepaea* dan la impresión de variar de la manera caótica que cabría esperar si los genes «derivaran» por las poblaciones, sin selección alguna). Pero no se ha descubierto ningún factor singular que intervenga en la concha del caracol de una forma predecible, consecuente.

Incluso cuando se analizan ejemplos por completo convincentes de selección en caracoles, la tarea de aislar la fuerza selectiva real puede resultar muy ardua. ¿Qué podemos concluir si encontramos un exceso de caracoles amarillos en los hábitat más cálidos? ¿Quizá la insolación (la luz solar directa), la temperatura máxima, la ausencia de heladas, la menor precipitación, o una combinación de todos estos factores reinantes en el medio ambiente selecciona el amarillo? ¿Qué tiene el amarillo para sobrevivir mejor en los hábitat más cálidos? ¿Es una propiedad directa, conferida por el propio color de la concha, o se trata de una diferencia fisiológica correlacionada que se da sólo por estar genéticamente asociada con el amarillo? En uno y otro caso —genética y medio ambiente— existen interacciones de extraordinaria complejidad que dificultan en grado sumo cualquier intento de análisis. Igual que no podemos «mantener todo lo demás constante» cuando observamos el efecto de la temperatura en un hábitat,

tampoco podemos estudiar la influencia aislada de un gen único en el conjunto de genes intrincadamente equilibrado que integra un ser vivo. Además, las probabilidades apuntan a que si algún aspecto de un ser vivo es importante para la supervivencia —como la agilidad en el león, o la adaptación al frío en el oso blanco—, parece inverosímil que se pueda modificar de manera tajante por la acción de unos genes. Es más probable que tales características muestren variación continua, multigénica, porque entrañan la interacción de muchos y diferentes factores fisiológicos y anatómicos.

Para estudiar la selección natural, los genetistas han analizado los cambios de las frecuencias génicas en las poblaciones; pero si la selección actúa en algún sentido, ha de hacerlo en los «innumerables y sutiles cambios de tamaño, forma, comportamiento e interacción con otras especies, que constituyen la verdadera materia prima de la evolución» (Lewontin, 1974). Ello no significa que la selección no actúe, sino que es asombrosamente difícil de aprehender.

«Lo que podemos medir carece, por definición, de interés, y lo que nos interesa es, por definición, inmensurable.»

LEWONTIN, 1974

Veamos otro ejemplo clásico de supuesta selección para ilustrar el problema. La geómetra del abedul *(Biston betularia)* presenta una forma normal, pálida y moteada, y otra melánica. Esta última, desconocida a comienzos del siglo XIX, se ha difundido de manera gradual por las zonas industrializadas del norte de Inglaterra, desde aproximadamente 1850 hasta hoy. Cuando las geómetras del abedul están posadas en los troncos de los árboles, las devoran los pájaros que se alimentan durante el día. En las zonas industriales, el hollín oscureció los troncos, lo que conllevó que las geómetras del abedul melánicas estuvieran bien disimuladas en los árboles, mientras que las pálidas resultaban más notorias. Se puede demostrar experimentalmente que este mimetismo engaña los pájaros, y que reparan con mayor facilidad en las mariposas

pálidas sobre el hollín que en las mariposas melánicas sobre hollín. ¿Es razonable suponer, por consiguiente, que la difusión del gen melánico obedece a la selección natural, al conferirle cierta ventaja en las regiones industriales del norte de Inglaterra?

Aunque quizá sea razonable suponerlo, de hecho, no es científico. Resulta, por ejemplo, que las geómetras del abedul melánicas pueden también tener determinada ventaja fisiológica sobre las normales —en condiciones normales, sobreviven más huevos de geómetras del abedul melánicas, que de pálidas. Así, incluso en ausencia de pájaros, sería de esperar que dicho gen (responsable, a un tiempo, del melanismo y de la mayor producción de huevos) se propagara con rapidez por la población. Ahora tenemos que considerar dos fuerzas de selección independientes: el color y la producción de huevos. Todavía es posible razonar que las geómetras del abedul melánicas se han propagado debido a la ventaja del color (en vez de gracias a la ventaja de la producción de huevos), pero habríamos de indicar también que las formas normales se mantienen en otros lugares —la Gran Bretaña no industrial, por ejemplo— a pesar de cierta desventaja en la producción de huevos. Y entonces, aunque pudiéramos hacerlo, ¿nos atreveríamos a afirmar (y éste es el punto crucial) que semejante cambio gradual en la frecuencia génica conduciría, a la postre, a la escisión de una población parental en nuevas especies? De ser así, ¿por qué no ha sucedido ya? Las dificultades de ejemplificación de la selección natural son bastante arduas; demostrar que un cambio de frecuencia génica puede conducir, además, a la formación de especies, es aún diez veces más espinoso. He ahí un primer indicio de cómo el concepto, diríase que «obvio», de selección puede llegar a ser una cuestión insufriblemente compleja cuando se intenta un análisis pormenorizado.

En los últimos diez años, los genetistas de poblaciones han dado diferente enfoque al problema de demostrar el poder de la selección. Arguyen que los conocimientos de genética junto con el comprender teóricamente cómo puede ac-

tuar la selección, deberían permitirnos formular vaticinios acerca de la genética de poblaciones. Si se cumplen tales predicciones generales, ¿será posible tener pruebas adicionales a favor de la selección?:

1. ¿Cuánta variabilidad genética existe? Puesto que se cree que las mutaciones son raras, si la selección es muy fuerte, sería de esperar encontrar poca variabilidad relativamente, pues se habrán producido muchas «eliminaciones».
2. ¿Confieren las variantes génicas opciones, ventajas o desventajas claras a su portador? De nuevo, si la selección es fuerte, cabría esperar que los cambios génicos pequeños fueran importantes para la supervivencia.
3. ¿Tienen las especies que han permanecido inmutables durante millones de años —como la cucaracha—, menos variabilidad genética que las que han evolucionado rápidamente? Esperaríamos que así fuera; en fin de cuentas, esas especies están —es presumible— encerradas en una forma de vida estable y perderían variantes génicas innecesarias por selección estabilizadora.
4. ¿Muestran las especies de ambientes muy estables, como las profundidades del mar, menos variabilidad genética que las de ambientes fluctuantes, heterogéneos? Como siempre, esperaríamos que así fuera, de ser la selección fuerte. Un ambiente heterogéneo estaría en condiciones de sustentar una población variable, mientras que un medio restrictivo —según nuestra predicción, «eliminaría» más enérgicamente la variación.

En realidad, considerando los centenares de especies que se han estudiado en miles de investigaciones, son muy pocos los casos en que los hallazgos de la genética han puesto de manifiesto que se han cumplido esas cuatro expectativas de la teoría de la selección. La frenética actividad de la genética de poblaciones en los últimos veinte años se ha revelado estéril en función de las viejas esperanzas.

La primera gran sorpresa ha sido el descubrimiento de

muchísima variabilidad genética. Algo así como de cada diez genes del cuerpo, uno presenta estados alternantes en cualquier ser vivo. Para caracteres no determinantes, como el color de los ojos en el hombre, o el número de rayas en la cebra, quizá esto no sea sorprendente. Pero casi todos los genes producen proteínas que forman parte de vías y ciclos bioquímicos muy complejos, esenciales para la supervivencia. Tan enorme variabilidad ha causado sorpresa y confundido a los genetistas: ¿Por qué está ahí? ¿Cómo se mantiene? Lo que es quizá aún más sorprendente, es que, por regla general, esas posibilidades, no parecen diferir entre sí en lo que se refiere a ventajas o desventajas significativas para el individuo. Aunque la variación es real, no parece que la selección sea decisiva. Es como si, al igual que el color de los ojos da la impresión de ser indiferente para la supervivencia humana, todos los diversos procesos bioquímicos del organismo tuvieran muchas partes intercambiables: diferentes componentes realizando las mismas tareas sin evidente ventaja o desventaja asociada con la mayoría de ellos. Y eso implica que la selección no elimina las variantes con ningún empeño especial.

Análogamente, parece que los hábitat o ambientes estables no albergan especies menos variables. Los peces de las profundidades oceánicas, que, según cabe presumir soportan un ambiente en extremo monótono (presión elevada, oscuridad, dieta limitada), tienen tanta variabilidad genética como la ágil mosca de la fruta, *Drosophila*. Asimismo, criaturas «del pasado» como el celacanto o la cucaracha, que producen la impresión de haber subsistido idénticas a sí mismas por decenas de millones de años, no tienen menos variabilidad genética que otras. ¿Para qué necesitan tamaña variación? ¿Cómo y por qué la conservan si nunca la utilizan?

Diríase que la genética de poblaciones —que está en el corazón mismo del darwinismo— se halla sumida en una crisis de confianza por su incapacidad para demostrar de un modo contundente la selección, y por su relativa ignorancia acerca de si ésta podría conducir realmente al «origen de especies». El complejo edificio teórico erigido durante los días de la «sín-

tesis» —en los años comprendidos entre 1930 y 1940— no concuerda con las observaciones de la naturaleza. Lewontin ha expresado el problema en términos poco menos que poéticos:

«Durante muchos años, la genética de poblaciones fue una teoría rica y poderosa por demás, sin apenas datos adecuados sobre los que operar. Era como una exquisita y complicada máquina, ideada para tratar una materia prima que nadie hubiera logrado extraer. De vez en cuando, algún explorador insólitamente afortunado o inteligente encontraba por casualidad un afloramiento natural con mena de alta calidad, y se ponía en marcha parte de la maquinaria para demostrar a sus partidarios que funcionaba de verdad. Pero su mayor parte quedaba en manos de los ingenieros, siempre manoseándola, siempre haciendo mejoras en anticipación del día en que había de ser llamada a entrar en plena producción.

»La situación ha cambiado de repente. Se ha dado con la veta madre y los datos, abundantes, entran a raudales en las tolvas de esta máquina teórica. Y ¿qué sale por el otro extremo?: nada. No es que la maquinaria no funcione, de hecho el estruendo de los mecanismos es perfectamente audible, cuando no ensordecedor, lo que ocurre es que, por una u otra razón, no puede transformar en un producto acabado el gran volumen de materia prima que se le ha suministrado. Es preciso reconsiderar todas las relaciones entre la teoría y los datos.»

LEWONTIN, 1974

No todos los neodarwinistas comparten las opiniones de Lewontin, a pesar de ser uno de los principales genetistas de poblaciones estadounidenses. Todavía reina una fuerte tradición «pro seleccionista» entre sus colegas británicos y en algunos círculos estadounidenses. Se debe ello, en parte, a que existe una persuasiva historia de demostraciones de la selección natural en condiciones de laboratorio. La mosca de la fruta, *Drosophila,* ha sido sometida a presiones selectivas artificiales a favor de incontables aspectos de su anatomía y fisiología, y ha reaccionado contundentemente a casi todas ellas. ¿Por qué, sostendrán muchos, no ha de ser así en la naturaleza? Para esos científicos, es exagerada e inútil la idea de renunciar a la selección como fuerza modeladora de la evolución: ¿hay, se podría preguntar, algo mejor para ponerlo en su lugar?

Y, sin embargo, se ha convertido en un punto de vista muy difundido —en particular entre ciertos genetistas japoneses y estadounidenses— que buena parte de la variación sirve de poco para la supervivencia de los seres vivos, y que quizá representa «ruido» neutro en el sistema. Ello no implica, de necesidad, negar que la selección exista, ni que ésta pueda producir adaptación; sólo subraya que quizá su fuerza sea mucho más débil de lo que en otro tiempo se creyó, y que acaso gran proporción de la variabilidad genética observada en la naturaleza no sirva para función útil alguna. Para Motoo Kimura —genetista de poblaciones japonés y el más ardiente defensor de este «neutralismo»— la mayoría de las variantes génicas son neutras en sus efectos, no confieren ventaja ni desventaja al portador, y son capaces de derivar por las poblaciones sin el estorbo de la selección. Las variantes surgen por mutación y llegan a subsistir porque no causan daño. Kimura, desde luego, no pierde el tiempo con quienes ven la selección como la fuerza omnipotente de la evolución, «esos cándidos panseleccionistas».

«La imagen del cambio evolutivo que en la actualidad ofrecen las investigaciones moleculares, se me antoja absolutamente incompatible con las especulaciones del neodarwinismo.»

KIMURA, 1977

El llamado reloj molecular es uno de los hallazgos de las investigaciones moleculares a que Kimura hace referencia, y ha contribuido a conformar sus ideas. Si analizamos la estructura molecular de ciertos compuestos orgánicos complejos (como los pigmentos hemoglobina o citocromo), que virtualmente se hallan por doquier en los reinos animal y vegetal, podemos contar las diferencias moleculares entre distintas especies. El citocromo humano, por ejemplo, se distingue del

caballar por diez divergencias moleculares, atribuibles, es de suponer, a la acumulación de diez mutaciones génicas desde que los dos linajes se separaron. Hace unos quince años, se realizó el curioso descubrimiento de que esas divergencias moleculares parecen acumularse con regularidad, de modo que a mayor tiempo transcurrido desde la diferenciación de un linaje (según se reconoce en el registro de fósiles), mayor es el número de divergencias moleculares. Es lo que cabría esperar, salvo que la regularidad es muy chocante; existe una aparente correspondencia lineal entre las diferencias moleculares y el tiempo transcurrido desde la separación (fig. 2).

Esta sorprendente correlación apunta con insistencia a que las mutaciones génicas se presentan regularmente y que, según se producen, quedan incorporadas de forma casi automática a la química del cuerpo. Implica esto, además, que la selección no actúa «eliminando» dichos mutantes; en otras palabras, que la inmensa mayoría de las mutaciones son neutras en sus efectos. Kimura considera el reloj molecular como argumento de peso en apoyo de su teoría neutralista. Así es, pero los datos de las investigaciones del reloj molecular se han de contemplar con cierto escepticismo. El registro de fósiles merece poca confianza para todo cuanto signifique estimaciones de edad y diferenciación; por lo mismo, las divergencias moleculares requieren la confirmación de muchas moléculas independientes. No todos los compuestos muestran los cambios cronométricos del citocromo.

El «panseleccionismo» de los neodarwinistas y el neutralismo de Kimura y sus partidarios representan dos extremos de interpretación en lo referente a la selección natural. Para Kimura, los genes son arrastrados por las poblaciones según aparecen, y resultan, por lo general, de poca utilidad para el portador. Según los neodarwinistas incondicionales, esto es poco menos que una tontería:

> «Considero... harto improbable que ningún gen permanezca selectivamente neutro por tiempo indefinido.»
>
> MAYR, 1963

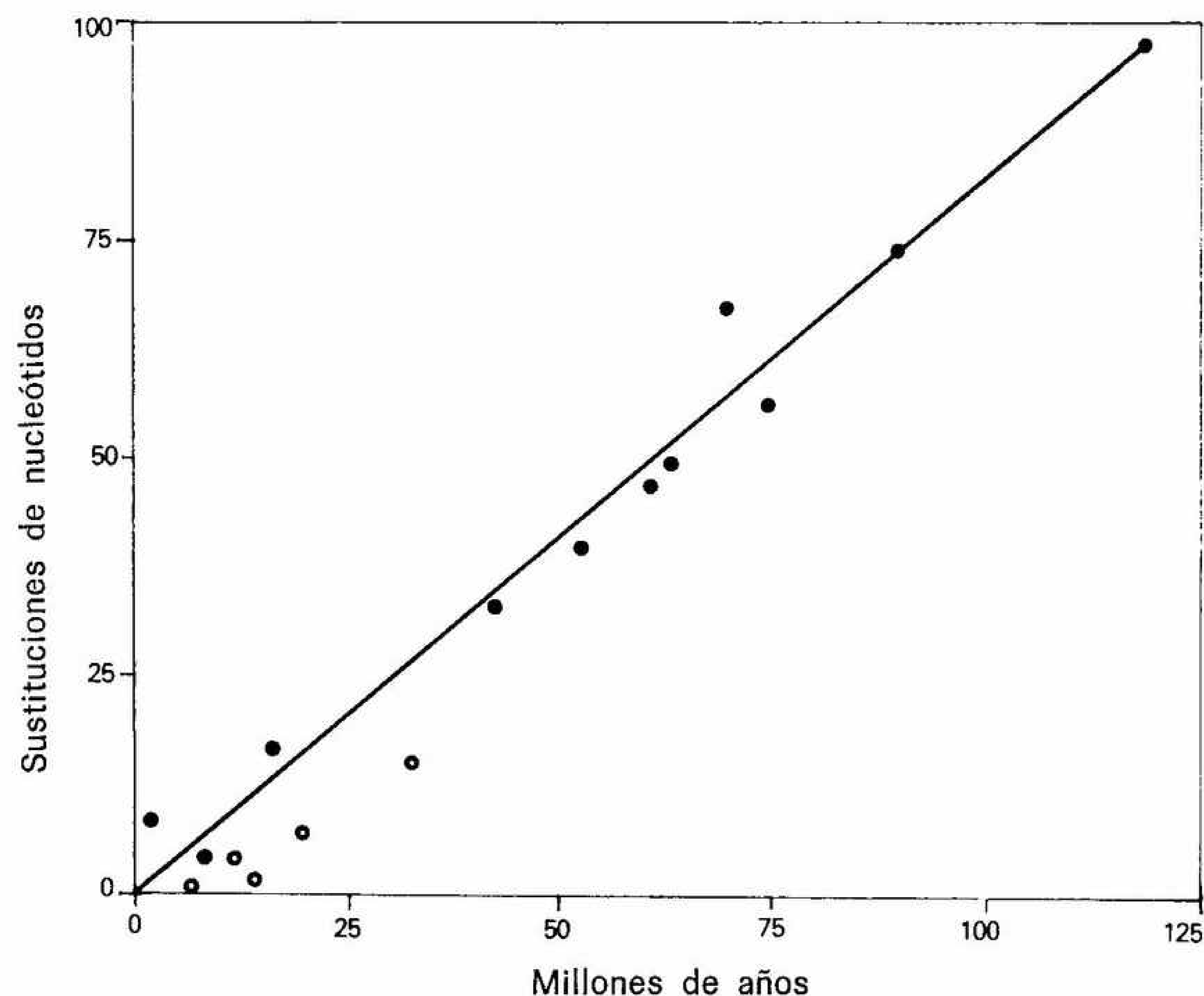


Fig. 2. Sustituciones de nucleótidos observadas en siete proteínas de dieciséis parejas de mamíferos, representadas en función del tiempo transcurrido desde que cada pareja divergió. Excepto los correspondientes a los primates (círculos abiertos), el resto de los puntos se aproxima bastante a una línea recta (según Fitch).

A pesar del fracaso de la genética de poblaciones para predecir, o siquiera explicar, las observaciones, la actitud neodarwinista continúa siendo popular; puede que no exista un solo genetista de poblaciones británico en franco acuerdo con el escepticismo de Lewontin o con el rechazo de Kimura hacia el neodarwinismo. Se debe ello a la convincente prueba procedente de la investigación experimental sobre selección. También cabe atribuirlo a la característica elemental más importante de toda la biología: la adaptación.

Adaptación.

¿Cómo negar la selección natural cuando el hecho de la adaptación salta tan a la vista? El ave vuela porque tiene alas: si éstas no funcionan como es debido, aquélla morirá. El ave está adaptada al vuelo, y cualquier alteración de su capacidad para volar modificará esta adaptación. Y, dado que las mutaciones genéticas deben de representar un papel directo en la adaptación, la selección natural tiene que existir. Entonces, ¿por qué tantas dificultades en demostrarla?

Varios biólogos han tratado de reconciliar incómodas contradicciones planteadas por la adaptación, por el aparente neutralismo y por las dificultades para demostrar la selección natural. Es un campo muy apasionante de la biología porque parece hallarse en una fase en que no se precisan nuevos datos, sólo una nueva manera de examinar los ya existentes. El salto heurístico está en ciernes.

Stephen Jay Gould y Richard Lewontin han propuesto una interesante y atractiva forma de analizar las adaptaciones y de reflexionar acerca de la importancia de la selección natural: examinar un edificio gótico, como la capilla del King's College, de Cambridge, con la mirada puesta en la función y el dibujo. Al ojo no iniciado, la enjuta en el centro de las bóvedas del techo, portadoras de hermosos dibujos, le parecerán funcionales. Diríase que obedecen a un propósito. En realidad, la enjuta no tiene ninguna función: es una inevitable concomitancia que cuando dos arcos góticos se cruzan, ha de resultar un triángulo invertido. Conocidas las limitaciones arquitectónicas, se contempla la enjuta como lo que es: una consecuencia ineluctable. Y si tiene que estar ahí, ¿por qué no adornarlo con pinturas y de paso realzar la belleza del edificio? El arco tiene una función; la enjuta existe simplemente por el arco (fig. 3).

Gould y Lewontin trazan una analogía con la estructura orgánica. ¿Por qué insistimos en mirar cualquier característica de cualquier criatura como si hubiera de tener una función, un propósito? Acaso existan «enjutas» orgánicas: caracteres biológicos que se presenten, sin más, como consecuencia de otros aspectos funcionales. Un ejemplo podría ser la nariz hu-

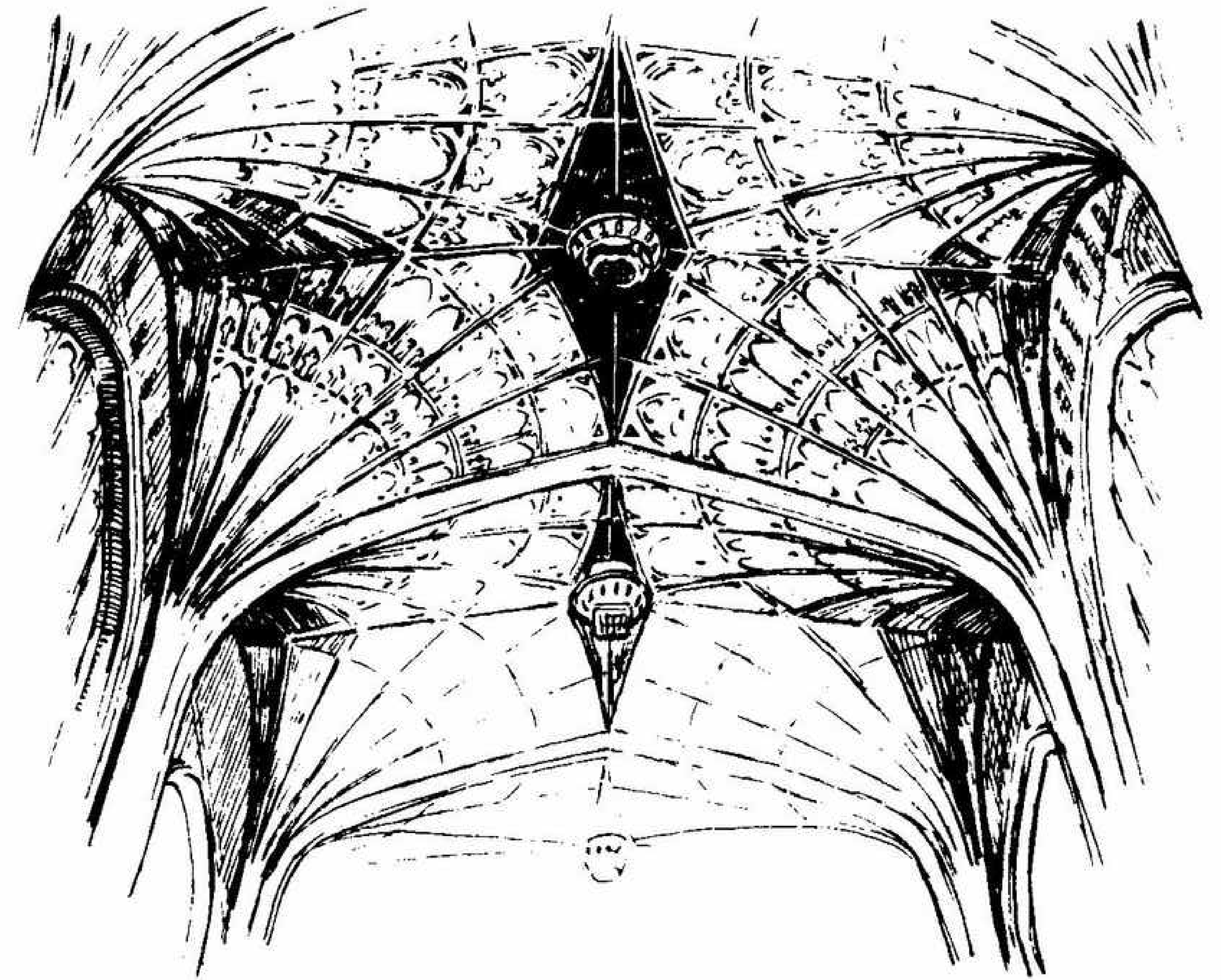


Fig. 3. El diseño en bóveda de abanico, de este techo, conlleva que la enjuta —el centro en forma de diamante— deba existir. Parece importante, pero, ¿tiene algún fin?

mana, distinta de la de cualquier otro primate; por tanto, cabría la tentación de preguntar «¿a qué está adaptada la nariz humana? ¿por qué esa forma?». Es concebible que haya una buena explicación que justifique selectiva y funcionalmente la forma de la nariz, pero, ¿no es también posible que esté configurada de ese modo nada más que como resultado ineluctable de un incremento del tamaño del cerebro en el cráneo del homínido ancestral? En otras palabras, si dilatamos la caja cerebral de un mono antropomorfo y modificamos la mandíbula para determinada dentición, podemos acabar con una nariz humana (véase la ilustración de D'Arcy Thompson en el capítulo 10, pág. 164).

Valiéndose de tal metáfora, Gould y Lewontin han conseguido insinuar una explicación para muchas estructuras orgánicas, sin tener que recurrir al argumento favorable a la selección de que todo carácter, todo rasgo ha sido seleccionado específicamente. Su interpretación no niega la existencia de la selección, de la función o de la adaptación, se limita a desplazar el interés de manera que se puedan contemplar los caracteres en un conjunto, no de uno en uno. Ésta debe de ser una vía de aproximación a la naturaleza más realista. Ahora podemos colocar, junto a la selección natural, otros factores no menos importantes al determinar la estructura y la función: limitaciones de la historia, del desarrollo y de la arquitectura. Existe, sin duda, algo así como la adaptación —los seres vivos harán cuanto puedan por sobrevivir—, pero el número de opciones abiertas no es infinito, no hay una ilimitada flexibilidad de configuración. Un ser vivo sólo puede reaccionar con las herramientas a su disposición, con los genes que tiene, y de este modo, las leyes físicas y químicas de la naturaleza limitan las posibilidades.

En cualquier momento, el medio ambiente obliga a determinada criatura a que reaccione en un sentido dado. Si la selección natural fuera la única fuerza que actúa sobre la criatura, las posibilidades abiertas serían ilimitadas; sin embargo, sabemos que no es así, que están rigurosamente acotadas. Lo están, primero, por lo que pasó antes, por la herencia del ser vivo. A un conjunto de genes sólo le es posible cambiar dentro de ciertos límites: un insecto, por ejemplo, no adquirirá de golpe una delicada modificación en forma de hoja, porque, en primer lugar, no tiene los genes básicos para la «hoja». Están constreñidos también por el desarrollo, por los intrincados cambios que acontecen cuando un conjunto de genes construye un ser vivo. Cualquier acontecimiento que interfiera con excesiva violencia en los complejos y vitales procesos del desarrollo temprano del embrión, será letal o, como mínimo, perjudicial. Por último, están acotadas por la arquitectura, por las limitaciones de configuración e ingeniería. Una concha de caracol es espiral y puede cambiar, en ciertos aspectos, de forma y tamaño, pero existe una tajante barrera arquitectónica en, pongamos por caso, el tamaño que puede alcanzar una espiral de carbonato de calcio (el material de la concha). Más allá de este límite, el organismo simplemente no puede existir sin cambiar en otros aspectos, como el material empleado en la construcción.

> «Se han de analizar los organismos como unidades integrales... tan constreñidas por la herencia filética, las pautas de desarrollo y la arquitectura general que las propias limitaciones han cobrado más interés e importancia en el trazado de las vías de cambio que la fuerza selectiva que pueda mediar en éste cuando se produzca.»
>
> GOULD y LEWONTIN, 1979

Lo que Gould y Lewontin insinúan es ciertamente muy sugestivo. Según ellos, la selección natural existe y determinará la dirección que tome la adaptación. Pero eso es sólo el principio: el aspecto obvio y menos interesante de la evolución. Lo interesante es lo que limita los cambios, lo que acota las posibilidades y fija el resultado último de la selección que opera en el ser vivo.

Desde este punto de vista, la evolución adquiere un significado diferente. Imaginemos un ser vivo evolucionando en el transcurso del tiempo como —valga la analogía— el río que fluye por la falda de una montaña. ¿Qué interesa de la corriente? Desde luego, no que fluya: eso es el resultado inevitable de la acción de la gravedad sobre los fluidos. Lo que puede tener más interés es la trayectoria que adopta, o el caudal, o la partición de la corriente por un canto rodado. Todo eso está determinado por «restricciones» tales como la región, la pendiente de la montaña, el suelo que subyace a la corriente, etc. En otras palabras, el fluir (el hecho de la selección) carece de importancia; es meramente una imposición dadas las condiciones iniciales (variación en un medio ambiente limitado). Es hora de que la biología dé respuesta a cuestiones más sugerentes en torno a las restricciones sobre la evolución, y no acerca de la fuerza directora.

En este punto, cabe aclarar otro malentendido sobre la selección. Desde Darwin, muchos biólogos han sostenido que la selección natural no puede ser «creadora», porque todo cuanto hace es limitar la variación existente; no crea nada. ¿Quién lo negará? Ahora bien, la teoría de la selección natural establece, en realidad, que la selección, actuando sobre variaciones aleatorias, o mutaciones, efectuará un cambio. En este sentido puede ser creadora. Tomemos, por ejemplo, un automóvil. Si alguien alterase al azar cada uno de sus minúsculos componentes y luego verificase las prestaciones del vehículo, encontraría, sin duda, que algunas modificaciones en realidad lo han mejorado (mientras que la mayoría de ellas lo han perjudicado). Desde este punto de vista, la selección puede intervenir para «crear» un automóvil mejor, porque preserva las características óptimas de la máquina.

Por último, recientemente se ha examinado la selección natural en otro sentido; no se trataba de discutir si la selección puede efectuar un cambio, sino sobre la forma en que puede efectuarlo.

Para Darwin, uno de los mayores problemas estribaba en la explicación del sacrificarse en selección natural. En resumidas cuentas, si la selección actúa para que sobreviva el más apto, el sacrificarse es una estrategia de una estupidez absoluta, por definición. Cuando hace referencia a los insectos sociales, que manifiestan un comportamiento desprendido tan obvio, Darwin se muestra francamente preocupado. Alude a tal comportamiento como sigue:

> «...una dificultad especial que al principio me parecía insuperable, y a fe que nefasta para mi teoría.»
>
> DARWIN, 1859

En los insectos sociales, el desprendimiento se manifiesta de varias maneras: las obreras de hormiga, o de abeja, son hembras estériles que nunca se reproducen, y sin embargo se ocupan de las hembras reproductoras. Es frecuente ver «suicidios» en masa de insectos sociales, aparentemente entregados al «bien de la colonia». ¿Cómo se pueden explicar estos casos en función de la supervivencia del más apto?

Darwin sostuvo que, en algunos casos, la selección podía mirar por el bien de la familia en vez del individuo, de modo que una familia cooperante de, por ejemplo, abejas sobreviviría mejor que una no cooperante, dando así lugar al comportamiento social sacrificado. En este caso, la selección natural no actuaría sobre los individuos, sino sobre grupos estrechamente emparentados. Habría grupos enteros más o menos aptos, no individuos.

Wynne-Edwards —el gran etólogo y zoólogo británico de la segunda mitad de este siglo— desarrolló posteriormente esta idea proponiendo que la selección puede operar incluso sobre grandes grupos o poblaciones mixtas (es decir, no necesariamente unidas por estrecho parentesco) para producir un comportamiento cooperativo. Así, una bandada de pájaros, o un rebaño de ñus, que pudiera desarrollar señales de seguridad comunitarios contra enemigos colectivos, o bien estrategias reproductoras para minimizar el despilfarro de recursos ambientales valiosos, sobreviviría mejor que un grupo menos coordinado; y a la larga quedaría fijado dicho comportamiento.

Aunque esta versión ampliada de la selección ya no merece confianza desde el punto de vista teórico, algunos paleontólogos han sugerido, en época muy reciente, que la selección puede actuar sobre especies enteras. Según este concepto de «selección específica», una especie cosmopolita, muy adaptable, tiene más probabilidades de sobrevivir a largo plazo que otra especializada, menos flexible. Así, los mamíferos superiores, relativamente especializados, como el antílope, dan la impresión de aparecer y extinguirse mucho más de prisa que —pongamos por caso— una especie de bacteria. La «selección específica» parece razonable, pero, como siempre, la base teórica no es sólida e interesa definir de nuevo las ideas.

En los últimos veinte años se han reconciliado el desprendimiento y la cooperación de los insectos sociales con la «su-

pervivencia del más apto». Resulta que, más que una excepción a la regla de la lucha individual, las hormigas y las abejas quizá han convertido la idea en un delicado arte. Dado el sistema de reproducción de la mayoría de los insectos sociales, las relaciones genéticas en el seno de una colonia son muy estrechas. Las obreras, por ejemplo, son genéticamente idénticas, lo que significa que cuando un miembro de la colonia se «sacrifica» al «bien común», de hecho, está intentando preservar sus propios genes. La aparente inmolación resulta ser un gesto de supervivencia. En el caso de estas especies sacrificadas, parece como si el individuo careciera de valor alguno, como si lo importante fueran los genes. En época reciente, esta interpretación ha cobrado gran popularidad, hasta el punto que algunos biólogos —Richard Dawkins, como ejemplo muy señalado— han apuntado que la «unidad» de selección no es el grupo, ni la familia, ni siquiera el individuo: es el gen.

El gen egoísta de Richard Dawkins es, en realidad, una actualización del viejo adagio de Samuel Butler, de finales del siglo pasado: «la gallina es tan sólo el medio del huevo de asegurar otro huevo». Según Dawkins, los genes utilizan los cuerpos como residencia temporal en la batalla a largo plazo por la supervivencia, y cualquier acción seleccionada (por parte de un individuo, familia o grupo) ha de ser de tal índole que incremente la probabilidad de supervivencia del gen. La idea es poco más que un juego de prestidigitación —un ingenioso replanteamiento del hecho de que las criaturas estrechamente emparentadas se ayudan unas a otras— y lleva a engaño por dos caminos. Primero, implica que la selección puede actuar sobre genes aislados. Esto parece una extrema simplificación absurda, a la vista de lo que se sabe acerca de la interacción génica y de la «lógica» de la dotación genética del individuo. Segundo, pasa por alto el que, en la mayoría de los seres vivos, la selección opera sobre la criatura entera, no sobre componentes aislados. ¿Cómo puede un simple organismo que actúa como «prisión» para decenas de miles de genes «egoístas» satisfacer todas sus demandas a un tiempo?

Y, si todos sus deseos coinciden, ¿por qué entonces hablar de genes egoístas?, ¿por qué no permanecer leales al organismo íntegro?

* * *

El creciente volumen de observaciones de la selección natural no ha refrendado las simplistas predicciones del neodarwinismo. La selección natural es increíblemente difícil de aprehender y medir, y las mediciones indican que es menos potente —o como mínimo mucho menos predecible— que lo que se había previsto. El neutralismo, la idea de que un elevado contingente de la variación genética puede tener escaso influjo en la supervivencia, parece ser una hipótesis defendible en muchísimos casos de variación observados. Es posible que sea erróneo todo el enfoque del estudio de la adaptación mantenido hasta el presente, y que la manía neodarwinista por demostrar la selección constituya una equivocación. Quizá sería más fructífero un análisis de los factores que limitan la evolución, como la herencia, los canales de desarrollo o las simples consideraciones arquitectónicas o de ingeniería, que la sostenida búsqueda de la «fuerza conductora». Incluso puede resultar que la selección carezca de interés; que no sea ni buena, ni mala, sino que, pura y simplemente, no explique nada.

5. ¿CÓMO SE ORIGINAN NUEVAS ESPECIES?

«Parece un contrasentido que la propia genética evolucionista no haya aportado ninguna contribución directa a lo que Darwin veía, obviamente, como problema fundamental: el origen de las especies.»

RICHARD LEWONTIN, 1974

Sorprende que con toda la erudición de Darwin, y a pesar del título de su obra capital, el único aspecto de la evolución que virtualmente ignoró fuera el «origen de las especies», el proceso que se desarrolla cuando surge un nuevo tipo de criatura. El principio de la selección natural alcanza a explicar cómo las reservas de variabilidad de una población permiten a los seres vivos reaccionar ante el medio ambiente, y un examen del registro de fósiles puede traer a colación un sistema de grandes cambios en el transcurso del tiempo; pero, ¿qué mecanismo hace que una criatura se convierta en otra? ¿Se basta la selección natural, por sí sola, para crear una especie nueva, y de ser así, qué cambios genéticos se producen? Se desconoce aún, en gran medida, la respuesta a estas preguntas, las fundamentales de toda la teoría evolutiva.

Los problemas inherentes al origen de las especies son, en realidad, geográficos y genéticos. ¿Surgen las especies por transformación gradual de una criatura en otra, o acontece que una población parental echa renuevos, como de una rama brotan ramitas a los lados? ¿Puede aparecer una nueva

especie mientras está aún cruzándose con la población parental, o es necesario el aislamiento reproductivo para evitar la «dilución» de los nuevos genes? ¿Cómo se consigue si el aislamiento es necesario? ¿Se trata de un aislamiento geográfico «en islas»? Considerando que estas preguntas están todavía por responder, no sorprende que Darwin fuera incapaz de resolver el problema central planteado por su teoría.

En la actualidad, a pesar de haberse acrecentado de manera extraordinaria nuestros conocimientos sobre la herencia y la estructura del material hereditario, el ADN, todavía comprendemos de modo superficial y poco definitivo las causas genéticas que entraña el origen de las especies. Si acaso, el problema resulta ahora aún más misterioso que para Darwin, y los últimos progresos apuntan con insistencia a que se ha relegado la selección natural respecto a su poder de modelación en el origen de las especies. Hoy día se concede mayor importancia al cambio brusco y en gran escala como contrapunto a la tradicional imagen de la evolución como un proceso gradual, «lento, pero seguro». Asistimos, además, a una nueva valoración del papel desempeñado por la casualidad, o azar, a diferencia del enfoque determinista y funcional de los darwinistas del pasado.

El origen de las especies recibe el nombre de especiación. ¿Pero qué es una especie? Si observamos las plantas y animales que viven en nuestros jardines, la vida parece organizada en grupos discretos, identificables, bastante fáciles de distinguir: gato, césped, árbol, flor, avispa, etc. Incluso criaturas muy parecidas, estrechamente emparentadas, suelen resultar por lo general diferenciables de un vistazo. Una especie es un grupo de plantas o animales capaces de cruzarse para producir descendientes viables, fértiles. En la mayoría de los casos, los miembros de una especie son de fácil reconocimiento por parecerse, y, claro está, ello lleva a un círculo vicioso: los miembros de una especie se parecen porque comparten gran cantidad de material genético, y comparten dicho material porque se parecen —en otras palabras, porque son física y reproductivamente compatibles. Así pues, las especies

son, en general, unidades independientes, aisladas de otras formas de vida por barreras físicas y genéticas.

Cuando Darwin propuso, por vez primera, su teoría de la evolución por selección natural, su idea era que el grueso del cambio se produce dentro del linaje por transformación de un ser vivo en otro, según se modifica el medio ambiente que le circunda. Darwin veía la vida como una masilla que cambia gradualmente de forma con el correr del tiempo, a medida que se alteran las fuerzas que actúan sobre ella. Creía que un estudio concienzudo del registro de fósiles revelaría la paulatina conversión de una forma en otra nueva, en el transcurso del tiempo. El zoólogo Seebohm ha expresado muy bien esta idea:

> «No había motivo para que la evolución no continuase modificando indefinidamente una especie, de generación en generación, hasta convertir un primate preglacial en un hombre.»
>
> SEEBOHM, 1888

Quizá fue por esta concepción de la evolución, progresiva, operando dentro de un linaje, que la idea de la especiación no preocupó en exceso a Darwin. Imaginaba poblaciones enteras sufriendo imperceptibles cambios durante largos períodos de tiempo para producir nuevas especies; y, en este marco, los sucesos que acontecieran en un momento dado, serían, en gran parte, irrelevantes e inmensurablemente pequeños. La especiación era, para Darwin, un proceso a largo plazo que entraña una lenta acumulación de diferencias de adaptación, un modelado gradual de la masilla en formas y tamaños nuevos.

Ya a finales del siglo XIX, sin embargo, esta idea era un nido de problemas. Si la evolución depende de la aparición de variantes o mutaciones nuevas para enfrentarse con un medio cambiante, ¿por qué no quedan «ahogados» por el tipo existente los efectos de dichas variantes? Para Darwin, como para casi todos los naturalistas británicos de la época, la herencia se revelaba como una mezcla de los caracteres pa-

rentales en los descendientes. Esto planteaba un verdadero escollo al tratar de explicar la difusión de una nueva variante o mutante ventajosa, pues, en cada generación, el efecto beneficioso se diluiría más y más. Aunque resuelto posteriormente por los mendelianos, el problema llevó a Darwin y sus contemporáneos a proponer que la evolución discurría mediante cambios graduales de los caracteres de poblaciones enteras, no por diferencias discretas, individuales. Así, en vez de ser los individuos fuente de caracteres nuevos (como Darwin pensaba al principio), lo importante eran las poblaciones. Si la población como una unidad podía correr más deprisa, o conservar mejor el calor, o resistir una enfermedad mejor que otra, entonces sobreviviría.

Un segundo obstáculo con esta imagen de la evolución en el seno de un linaje era la decepcionante falta de pruebas en el registro de fósiles. En vez de una uniforme, majestuosa continuidad de criatura a criatura, por ejemplo:

especie X → especie Y → especie Z →

aparecía un testimonio dislocado, poco concluyente, que sólo en contadas ocasiones mostraba las formas intermedias esenciales entre los tipos principales. ¿Dónde estaban sus intermediarias? ¿Por qué surgen de improviso formas nuevas y desaparecen sin dejar huella?

Al conocer mejor los fósiles y la distribución geográfica de las especies, fue palmario que buena parte de la evolución se ha producido tanto por «ramificación» como «dentro de un linaje». De este modo, cabía conseguir un incremento de diversidad en el transcurso del tiempo, a medida que más y más nichos eran explotados por nuevas formas de vida. La interpretación dada por el propio Darwin a la fauna y flora de las Galápagos se basaba en un incremento de la diversidad por difusión de las especies de isla a isla, de nicho a nicho. La modificación gradual, en el correr del tiempo y en un lugar, de una forma podría crear una nueva especie a partir de una vieja, pero no acrecentaría la diversidad global de la vida; esto sólo se podría lograr mediante ramificación del árbol de la vida.

Fueron los discípulos de Darwin más que el propio Darwin, quienes, tras considerar a fondo las ideas de irradiación y dispersión de la adaptación, explicaron la complejidad de la vida por colonización y explotación de nuevos hábitat. Con estas investigaciones se produjo un cambio sutil en las ideas sobre especiación. Wallace, fiel seguidor de Darwin, veía la evolución como un relato de la colonización del planeta durante la cual surgen y se difunden nuevas especies para explotar los nichos circundantes mediante avances y retiradas ante la competencia y los ambientes nuevos, adversos. (Quizá no sea una mera coincidencia que tal interpretación surgiera durante el período de máximo poder de Gran Bretaña como imperio colonial.) Esta hipótesis la admiten todavía hoy casi todos los biólogos.

Las nociones de colonización y emigración llevaron a reconocer el aislamiento como requisito previo al origen de las especies. Pronto se puso de manifiesto que una población colonizadora pequeña, incluso de dos o tres individuos, sería capaz de una adaptación rápida al nuevo medio ambiente sin el problema de que una población parental grande diluyera la adaptación. Las mutaciones nuevas (que pudieran contribuir a la supervivencia en el hábitat) tendrían muchas más posibilidades de expresarse en una población pequeña que en una grande, y, claro está, eso entrañaría que las nuevas criaturas colonizadoras podrían transformarse con rapidez en una forma nueva. A decir verdad, el darse cuenta de esto —que el aislamiento era, en potencia, tan importante en la especiación— fue lo que hizo pensar, por vez primera, en la relativa intranscendencia de la selección natural para el origen de las especies:

«El principio del aislamiento es tan fundamental y tan universal que incluso el de la selección natural resulta menos considerable y abarca un ámbito menos extenso. Igualado sólo en importancia por los dos principios básicos de la herencia y la variación, el del aisla-

miento constituye el tercer pie de un trípode sobre el que se levanta toda la superestructura de la evolución orgánica.»

GEORGE ROMANES, 1897

El tradicional hincapié en la importancia del aislamiento para el origen de las especies continúa virtualmente igual. Es la columna vertebral de una de las principales teorías de la especiación, todavía de general aceptación, y uno de los postulados capitales de la síntesis moderna del segundo tercio de este siglo. Ernst Mayr formuló esta parte de la síntesis en aquella época, y su convencimiento de la importancia del aislamiento geográfico ejerce todavía gran influencia:

«Hoy día se acepta de manera generalizada que la especiación geográfica es el modo casi exclusivo de especiación de los animales, y, muy probablemente, el usual incluso en las plantas.»

MAYR, 1963

Un ejemplo clásico de aislamiento geográfico productor de especiación es el hallado en las especies de la gaviota *Larus* del hemisferio norte. En Gran Bretaña, dos de las gaviotas más corrientes, la gaviota sombría y la argéntea, coexisten como especies independientes. Sin embargo, «oficialmente» son una sola especie, pues representan los extremos opuestos de una población única que se entrecruza. La gaviota sombría británica *(Larus fuscus)* tiene las alas oscuras por arriba, las patas amarillas y anida tierra adentro, en brezales. Se cruza con la gaviota sombría escandinava. Ésta, a su vez, se convierte gradualmente en la vega siberiana del norte de Rusia y de Siberia. La vega llega a ser de modo paulatino la argéntea de América del Norte que, por su parte, forma híbridos con la argéntea británica *(Larus argentatus)*. Pero esta gaviota es distinta de la sombría —tiene las alas mucho más claras y las patas de color rosa— y se cría por doquier (anida más en acantilados que en brezales). Así, en cualquiera de los extremos del «anillo» hay poblaciones que parecen estar en vías de aislamiento en cuanto a reproducirse y, en último término,

de especiación, aunque están ligadas por una población reproductora continua que circunda el Artico. Ni el propio Darwin podría haber pedido un ejemplo mejor de evolución en marcha. Para los partidarios de la selección geográfica, esto demuestra a las claras el principio de que las fuerzas ambientales variarán dentro de la región de distribución de una especie, de modo que las poblaciones periféricas divergirán y, a la larga —con aislamiento, tiempo y selección natural—, originarán nuevas especies.

Tal es la imagen básica de la especiación para los neodarwinistas, y con algunas excepciones secundarias (como la poliploidía; véase pág. 66), pasa por ser el fundamento de todas las especies nuevas. En lo esencial, una población parental se desgaja por los bordes en pequeñas bolsas aisladas de unos pocos individuos. Como dichas bolsas están en los márgenes de la región de distribución de la especie, es muy posible que el medio sea menos hospitalario y, por tanto, que exista un elemento de «colonización ante las privaciones». Dado que estos individuos sólo poseen una minúscula fracción del acervo génico parental, su potencial de cambio es limitado y, al mismo tiempo, está amortiguado el efecto de dilución que normalmente afrontan las nuevas variantes. Todo ello aporta los ingredientes para una evolución rápida: poblaciones pequeñas, ambientes nuevos y dura selección. El que las poblaciones sean pequeñas conlleva, además, que se producirá cruzamiento, lo cual desembocará en una extinción rápida o sacando a la luz mucha variabilidad oculta en los individuos. En otras palabras, el medio ambiente puede operar muy en la línea de un riguroso seleccionador artificial: sacar a relucir abismos latentes de variación que, si bien en ocasiones pueden ser letales, en otros momentos acaso posibiliten la supervivencia en ambientes extraños. Además, el nuevo e inexplotado nicho permite la repentina «plenitud» de la población, porque puede haber abundancia de recursos y poca competencia. A la postre, esto crea poblaciones nuevas, radicalmente distintas de las ancestrales y, en el transcurso del tiempo, unas y otras sufrirán la acumulación de suficientes

diferencias genéticas para producir el aislamiento apropiado para la reproducción.

El aislamiento geográfico ha sido importante en muchos casos estudiados, en los cuales se cree se han producido nuevas especies, pero no es el único mecanismo o requisito previo de especiación y —como veremos— no existe justificación para el inevitable dogmatismo que, con harta frecuencia, acompaña a una buena idea:

«...la divergencia en el seno de la especie no puede producirse sin cierta discontinuidad previa que aísle dos partes del grupo entre sí.»

JULIAN HUXLEY, 1953

Tan extrema simplificación ha obstaculizado una y otra vez el progreso de la teoría de la evolución.

Cualesquiera sean las condiciones geográficas necesarias para provocar especiación, si de verdad son vitales, el problema fundamental continúa siendo de aislamiento para la reproducción, de incompatibilidad genética. Las especies sólo pueden ser creadas por aislamiento, en cuanto a la reproducción de dos grupos que previamente se cruzaban, y en muchos casos, dicho aislamiento puede ser una cuestión no de geografía, sino de genética. Lo mismo que el descubrimiento de las leyes mendelianas de la herencia proporcionaron un componente esencial para la síntesis moderna de la teoría de la evolución, los adelantos más recientes de la genética y la herencia han aportado una nueva manera de comprender cómo puede producirse la especiación, y esto, a su vez, está empezando a socavar muchas de las viejas tesis del neodarwinismo. Ahora es evidente, por ejemplo, que una población de animales geográficamente continua puede estar integrada, de hecho, por grupos «aislados» —aislados no por un río o una montaña, sino por barreras anteriores y posteriores al apareamiento debidas a incompatibilidad de comportamiento y genética. En realidad, se puede seguir la pista de muchos de los escollos, en apariencia nuevos y revolucionarios que

ha tenido que sortear la teoría de la evolución, en el presente decenio hasta pensadores muy anteriores cuyas originales ideas tropezaron en su día con el desacuerdo e incluso el ridículo.

A finales del siglo XIX, cuando muchísimos biólogos británicos andaban preocupados con la idea de una evolución que procedía de manera gradual en poblaciones grandes, el botánico holandés Hugo de Vries sorprendía a los «mutacionistas» continentales con ideas de evolución brusca en gran escala. Mientras los británicos intentaban demostrar que los sutiles cambios en las características de las poblaciones como un todo eran la verdadera fuerza conductora de la evolución, De Vries estaba convencido de que los individuos eran más importantes y que las grandes mutaciones aisladas podían ser el origen de nuevas criaturas. De Vries, estudiando la primavera, *Oenothera,* observó que si bien existía un tipo «normal» reconocible, también aparecían mutantes ocasionales diferentes de las plantas parentales en cuanto al aspecto, y que al instante se aislaban respecto a la reproducción: estos mutantes «se reproducían conforme su tipo» y no podían cruzarse con las plantas parentales.

«La teoría de la mutación supone que las especies y variedades nuevas se producen a partir de formas ya existentes merced a ciertos saltos. El propio tipo parental permanece, según este proceso, invariable y puede originar, una y otra vez, formas nuevas.»

DE VRIES, 1906

Para los científicos británicos que estimaban que se producía gradualmente, semejantes ideas eran ridículas. Muchas de las características significativas —como la altura, la tolerancia a la temperatura o la capacidad para correr—, observadas en las poblaciones, presentaban variación continua, no discreta. Es muy improbable que una mutación simple influyera en estos caracteres de un modo revelador; parecían estar controlados por muchos genes en compleja interacción. La evolución, para ellos, era un cambio gradual de las caracterís-

ticas medias de una población, no la aparición súbita de mutantes. El debate entre los defensores de ese cambio sutil, continuo y los partidarios de las mutaciones dominó la teoría de la evolución a finales de siglo.

Lo que ahorró tiempo y permitió a ambos bandos salvar sus diferencias de forma honorable fue el descubrimiento, en 1900, de las leyes de la herencia, de Gregor Mendel. Originariamente, Mendel había descubierto, entre 1860 y 1870, que las variantes del guisante podían ser heredadas de modo discreto; su trabajo implicaba asimismo que los caracteres se heredaban por igual de ambos padres: se debían a pares de determinantes, uno de cada progenitor. Tras cuarenta años de olvido (aunque corren inquietantes rumores de que un ejemplar del artículo original de Mendel durmió en el estudio de Darwin durante veinte años), el trabajo de Mendel fue redescubierto en 1900 y su importancia se hizo evidente para ambos bandos en el debate en torno al origen de las especies.

La teoría mendeliana era una especie de «término medio» entre las dos ideas rivales. La variación residía en unidades discretas —más tarde llamadas genes— que a menudo, individualmente, tenían un efecto muy pequeño y se heredaban de manera inmediata de ambos padres. Para un carácter dado —como el color del ojo en el hombre—, en el niño sólo se expresa uno de cada par de genes: el expresado se llama dominante y el otro, recesivo. Esto abría el camino a una unificación de ideas, siempre y cuando proporcionara una explicación a gusto de ambos bandos de científicos enfrentados. En el caso de la primavera, *Oenothera*, De Vries, según cabe presumir, había descubierto un gen dominante, simple, de considerable efecto, que se transmitía a la descendencia. Pero los genes son, de suyo, mucho menos espectaculares en su efecto, y por lo que hace a importantes funciones corporales, sería de esperar que el efecto último se debiera a muchos genes. Así, se puede contemplar el concepto darwiniano de selección natural como si actuara sobre unidades de herencia discretas, que mutan de vez en cuando y se transmiten a la descendencia según las leyes mendelianas de la herencia.

Esta síntesis es todavía la piedra angular del neodarwinismo y, con una o dos salvedades menores —como la primavera, de De Vries—, se admite el modelo de que la especiación tiene por causa, generalmente, el acopio de pequeñas diferencias genéticas que, a la larga, producirán aislamiento en cuanto a la reproducción. El efecto más importante de las ideas de Mendel en los defensores del cambio sutil fue disipar la hipótesis de que las mutaciones nuevas quedarían sofocadas, o diluidas, en una población. Si la variabilidad residía en unidades discretas, los individuos —no las poblaciones enteras— podían ser fuente de adaptaciones nuevas, como De Vries había propuesto.

En la teoría neodarwiniana, el origen de una nueva especie requiere el acopio —en una población vástago— de diferencias genéticas y la creación de variantes génicas originales, de modo que, a la postre, los individuos de la vástago quedarán aislados de la población parental en cuanto a la reproducción. La manera más fácil de fomentar la acumulación de diferencias génicas es separar físicamente las dos poblaciones, de ahí la popularidad de los conceptos de aislamiento geográfico y colonización por grupos periféricos. Una barrera física entre dos poblaciones permitirá que cada cual siga su propia trayectoria genética, quizá en respuesta a diferentes presiones ambientales. Éste es el tipo de proceso que Darwin suponía para los pinzones de las Galápagos: grupos pequeños de pájaros «fundadores», aislados geográficamente, evolucionarían con rapidez y originarían diferentes formas, atribuibles a aislamiento más selección (figs. 4 y 5).

Existen, desde luego, otros medios de conseguir el aislamiento aparte meras barreras geográficas o físicas. El aislamiento sexual podría conducir a que una población única se escindiera en dos, a pesar de que compartiera el mismo hábitat y en el mismo período de tiempo. Por ejemplo, una mutación génica simple que retrasara el comienzo de la floración de una planta, aislaría quizá dicha planta de las restantes. En muchos insectos, una alteración del gen de una feromona de atracción podría suponer la pérdida de simpatía para el sexo

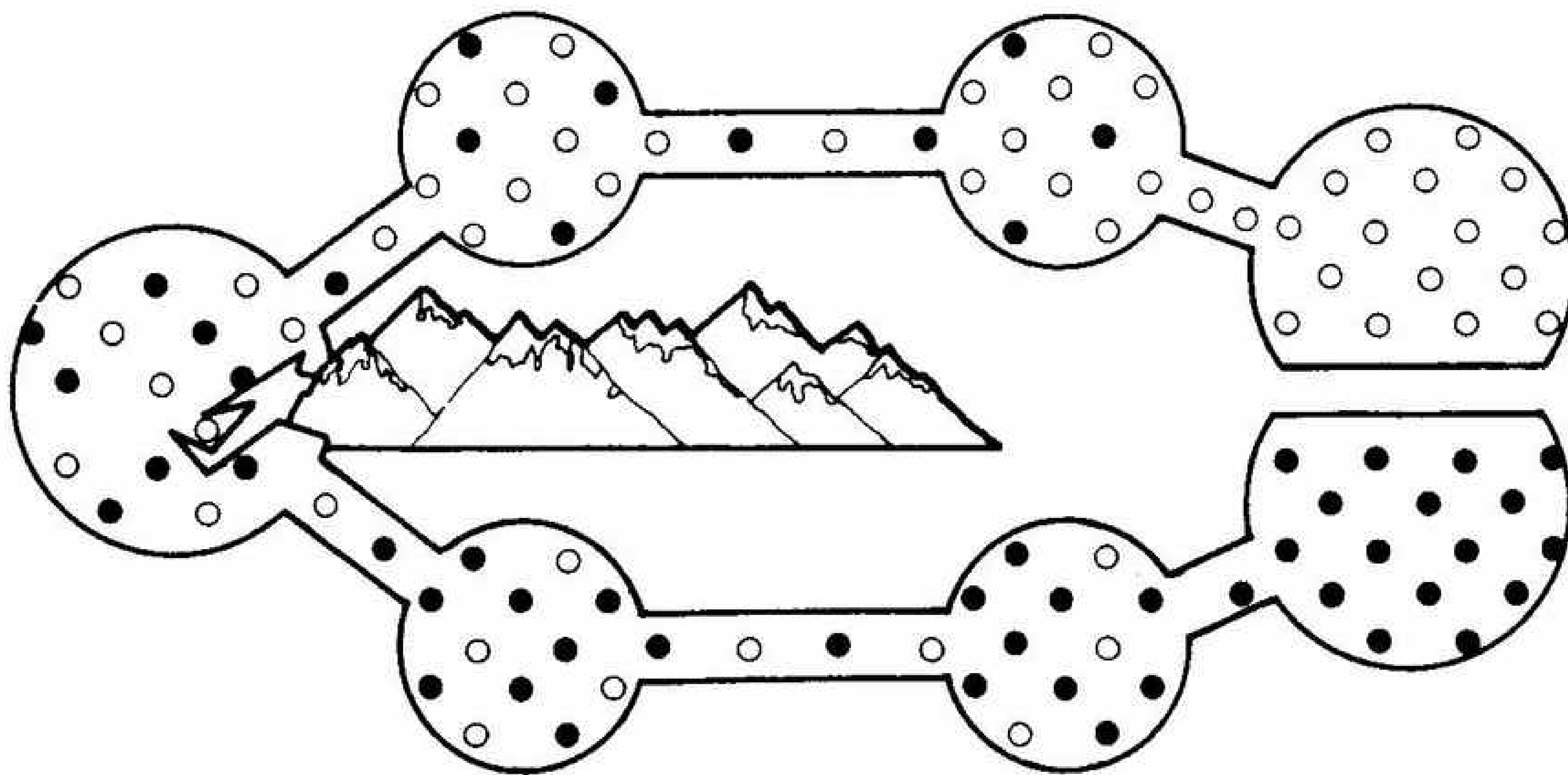


Fig. 4. Población única dividida por una barrera geográfica. Separadas durante un período de tiempo suficiente, las dos poblaciones pueden, a la postre, diferir tanto como para no permitir el cruzamiento, aunque se mezclen.

opuesto, y, una vez más, el insecto quedaría eficazmente aislado de los demás. Claro que dicho aislamiento es sólo el incierto comienzo de la especiación: para sobrevivir y reproducirse, un insecto o una flor con reproducción sexual necesitan otras criaturas con mutaciones compatibles. Pero, en principio, diferencias genéticas bastante simples podrían producir desdoblamiento y especiación. Esto, además, forma parte de la clásica imagen neodarwiniana de cómo se originan las especies:

1. Diferencias genéticas pequeñas.
2. Aislamiento (ya sea geográfico o sexual).
3. Selección natural (que repercute de distintas maneras en ambas poblaciones).
4. Tiempo suficiente y acumulación de diferencias génicas.
5. Por último, nuevas especies.

Quizá sea comprensible que, entre 1942 y 1960, los biólogos de la síntesis moderna creyeran haber triunfado, por

fin, y haber resuelto el problema de la especiación. En realidad, esa impresión es totalmente falsa. En seguida se pone de manifiesto que no hay reglas sencillas que gobiernen el proceso de especiación. Al contrario, parece haber muchos caminos por los que la especiación discurre: unos entrañan aislamiento, otros no; unos requieren selección, otros no.

En los últimos veinte años ha quedado claro que cambios excesivamente bruscos en la estructura de los cromosomas —cambios que dan la impresión de no tener nada que ver con la selección o el aislamiento geográfico— pueden ser un importante factor de especiación. Los cromosomas son los largos filamentos del núcleo celular que transportan el material genético, el ADN y los genes. La estructura de dichos filamentos es decisiva para la reproducción y la herencia, porque precisamente son grupos de genes dispuestos en un orden específico.

Como luego se ha visto, la aparición repentina de la nueva especie de primavera, observada por De Vries hace casi

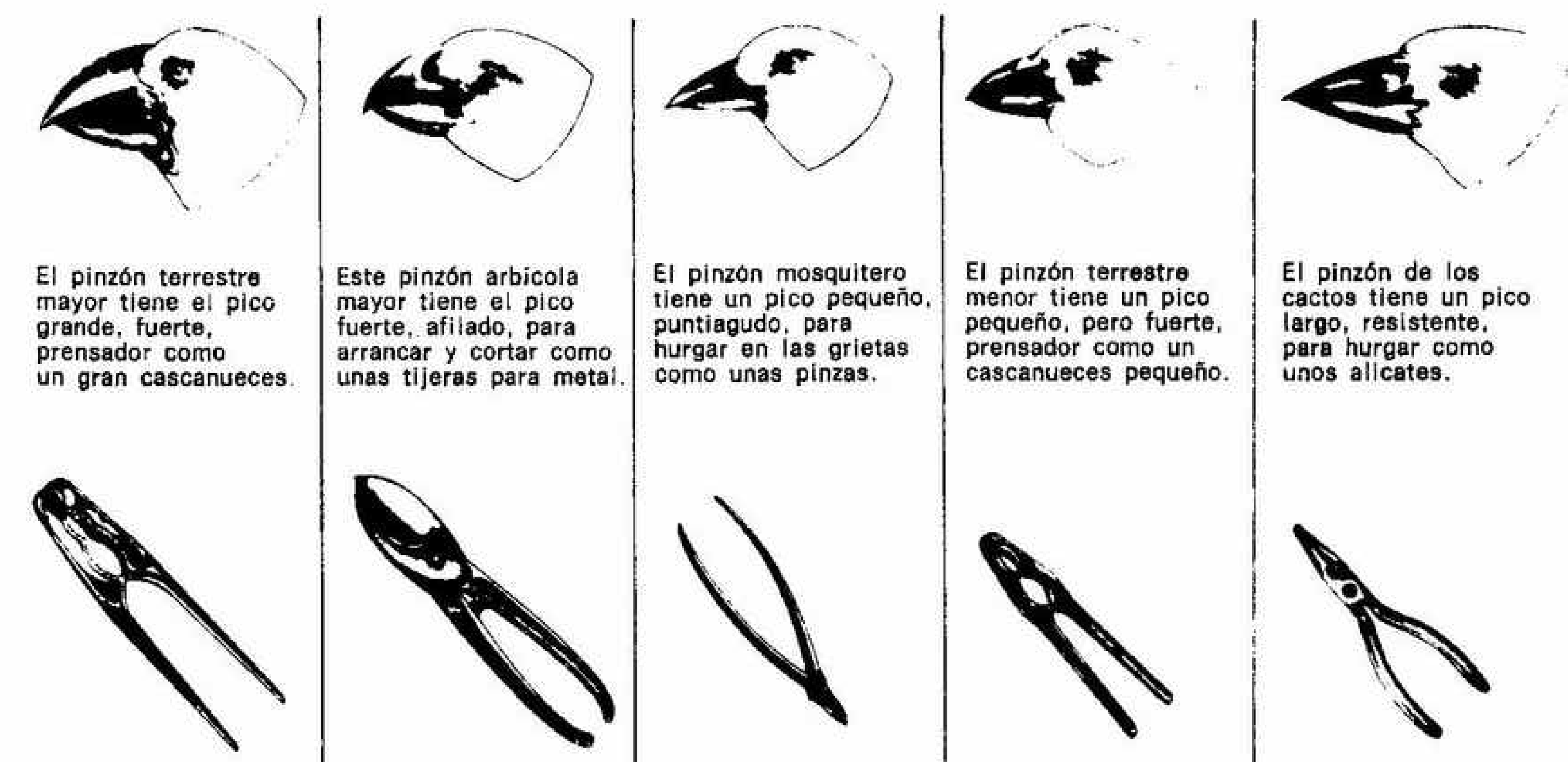


Fig. 5. Difiere mucho la estructura del pico de los diversos pinzones de las islas Galápagos. Esos picos están adaptados a comer distintas clases de alimentos.

un siglo, se debió a una brutal alteración de la estructura cromosómica. Ocurrió que se duplicó de súbito el conjunto entero de cromosomas del núcleo, y así se dobló la cantidad total de ADN y se impidió activamente el cruzamiento con las primaveras normales, no duplicadas. Este aumento de la dotación cromosómica se conoce como poliploidía y es, a todas luces, un fenómeno bastante enérgico. En realidad, sería de esperar que la poliploidía fuera más perjudicial que beneficiosa y, en el caso de la mayoría de los animales, así es. Pero la poliploidía puede ser causa mayor de especiación en las plantas. En las gramíneas y helechos, por ejemplo, más de la mitad de las especies conocidas son poliploides, mientras que, en los animales, sólo se ha observado poliploidía en unos cuantos peces, anfibios, gusanos y moluscos.

Lo importante acerca de la poliploidía como causa de especiación es que no requiere ni aislamiento geográfico, ni selección natural para que se dé. Parece que las duplicaciones cromosómicas son fenómenos impredecibles, aleatorios (al estilo de las mutaciones), lo bastante enérgicos como para producir aislamiento sexual, aunque no tan violentos (al menos en muchas plantas) como para causar la muerte. Por otro lado, el fenómeno extremo de la poliploidía no es el único capaz de originar nuevas especies; muchos casos de especiación se deben a alteraciones mucho menos espectaculares de la estructura del cromosoma.

Michael White, el biólogo australiano que ha escrito la «biblia» al uso sobre la especiación, ha llegado recientemente a la conclusión de que «muy pocas, quizá ninguna, de las especies próximas tienen sus cromosomas idénticos». Si observamos de cerca los cromosomas (no los genes) de criaturas incluso muy similares, las probabilidades se decantan a favor de que los filamentos diferirán en algún aspecto, quizá la inversión de un tramo, o un «bucle». Estas diferencias cromosómicas pueden ser de un modo u otro, según White, responsables, en primer lugar, del origen de las especies. Y eso significa, a su vez, que el origen de las especies puede ser un proceso discontinuo y aleatorio en que uno, dos o tres individuos mutantes —mutantes en el sentido de tener los mismos genes, pero no la misma ordenación cromosómica— quedan aislados de la población parental a causa de su distinta estructura cromosómica. La selección natural, por supuesto, no interviene para nada en este guión, salvo quizá más adelante, cuando la nueva especie tenga que luchar por su cuenta para sobrevivir.

Este evidente renacimiento de la idea de la especiación súbita, enérgica no proviene sólo de la valoración de la poliploidía y del cambio cromosómico. En al menos dos campos relacionados, las últimas investigaciones insisten en la importancia de la casualidad (no de la selección) y de la discontinuidad (no de la gradación).

En la actualidad, Stephen Jay Gould es posiblemente el defensor más acérrimo de la especiación repentina; este paleontólogo de Harvard ha supuesto que las bruscas apariciones y desapariciones de fósiles pueden no ser achacables a lagunas en el registro de fósiles, como los neodarwinistas se inclinan a creer, sino a la aparición súbita de nuevas criaturas mediante un enérgico cambio evolutivo. Como sabemos que la poliploidía es rara en los animales, hay que excluirla como causa mayor de especiación en gran escala. Ante esto, Gould centra su atención en el análisis de las vías de desarrollo y en la secuencia de las etapas críticas del crecimiento —el inicio de la madurez sexual, por ejemplo— como una posible explicación.

Gould apunta a las especies vivas y se pregunta si podemos imaginar estadios intermedios graduales originando todas las adaptaciones y caracteres que observamos. Con frecuencia, señala, es imposible y entonces hemos de mirar a otra parte para explicar la aparición de tales caracteres. Encontramos un ejemplo en la isla Mauricio, donde hay dos especies de boidos (familia que incluye las pitones y las boas constrictoras) que comparten un rasgo singular: el hueso maxilar de la mandíbula superior está hendido por delante y las mitades posteriores unidas por una charnela móvil. ¿Cómo, se pregunta Gould, pudo desarrollarse gradualmente un ca-

rácter así? ¿Cómo vamos a tener media charnela? Un carácter de esta naturaleza existe o no existe: no hay estadios intermedios evidentes, ni un solo ser intermedio con una función útil para la media charnela. En otras palabras, si ya difícil es imaginar media charnela, aún lo es más concebir sus posibles funciones: ¿qué presión selectiva favorecería un carácter así? Gould defiende la idea de que, en este tipo de casos, puede haberse producido una transición discontinua.

Esto toca un punto muy sensible de los neodarwinistas: toda la cuestión de los seres intermedios entre dos estructuras funcionales claramente distintas. ¿Cómo se convierte una aleta en una mano? ¿Cómo un brazo llega a ser un ala? Si la similitud estructural es obvia, los estadios de transición no; es muy difícil hacerse una idea de un brazo/ala intermedio que tenga además una función útil y esté integrado a la perfección en el resto de la anatomía y en los hábitos de vida del ser vivo. El propio Darwin sostenía que esto era «más un problema de imaginación que de índole intelectual», lo que implica que si conociéramos mejor los fósiles y los estadios intermedios posibles, desaparecería la dificultad de imaginar formas de transición. Por supuesto, han salido a la luz algunos seres intermedios convincentes que ayudan a explicar ciertas transiciones difíciles. El famoso *Archaeopteryx*, con su cráneo de reptil y sus alas de ave (fig. 6), es un ser intermedio bastante concluyente entre las aves y los reptiles. Pero aún en este caso, la dificultad de imaginar un ser intermedio convincente entre el propio *Archaeopteryx* y un reptil completo, sin alas, sigue siendo formidable. Muchos biólogos calificarían al *Archaeopteryx* más de ave hecha y derecha que de genuino ser intermedio.

Según los neodarwinistas, semejantes transiciones requieren incontables generaciones y muchas especies intermedias. Para Stephen Jay Gould, pueden surgir considerablemente más deprisa. Los esfuerzos de Gould por explicar el cambio rápido le han llevado a resucitar el trabajo que realizó, entre 1931 y 1950, el genetista estadounidense Goldschmidt, quien, en la línea de De Vries y los mutacionistas, no se sentía inclinado a la gradación neodarwiniana y se acogía a «prometedores monstruos» como explicación de adaptaciones espectacularmente nuevas. Tales macromutantes no tendrían por causa necesaria mutaciones aisladas de gran efecto directo; debería pensarse más en mutaciones aisladas con fuerte efecto indirecto: genes que fueran cruciales en ciertos procesos reguladores, que pudieran «conectar» vías de desarrollo o de crecimiento y, por ello, provocar un considerable efecto a partir de un «*input*» secundario.

«Proporciona esta base, la existencia de mutantes generadores de monstruosidades del tipo requerido, así como el conocimiento

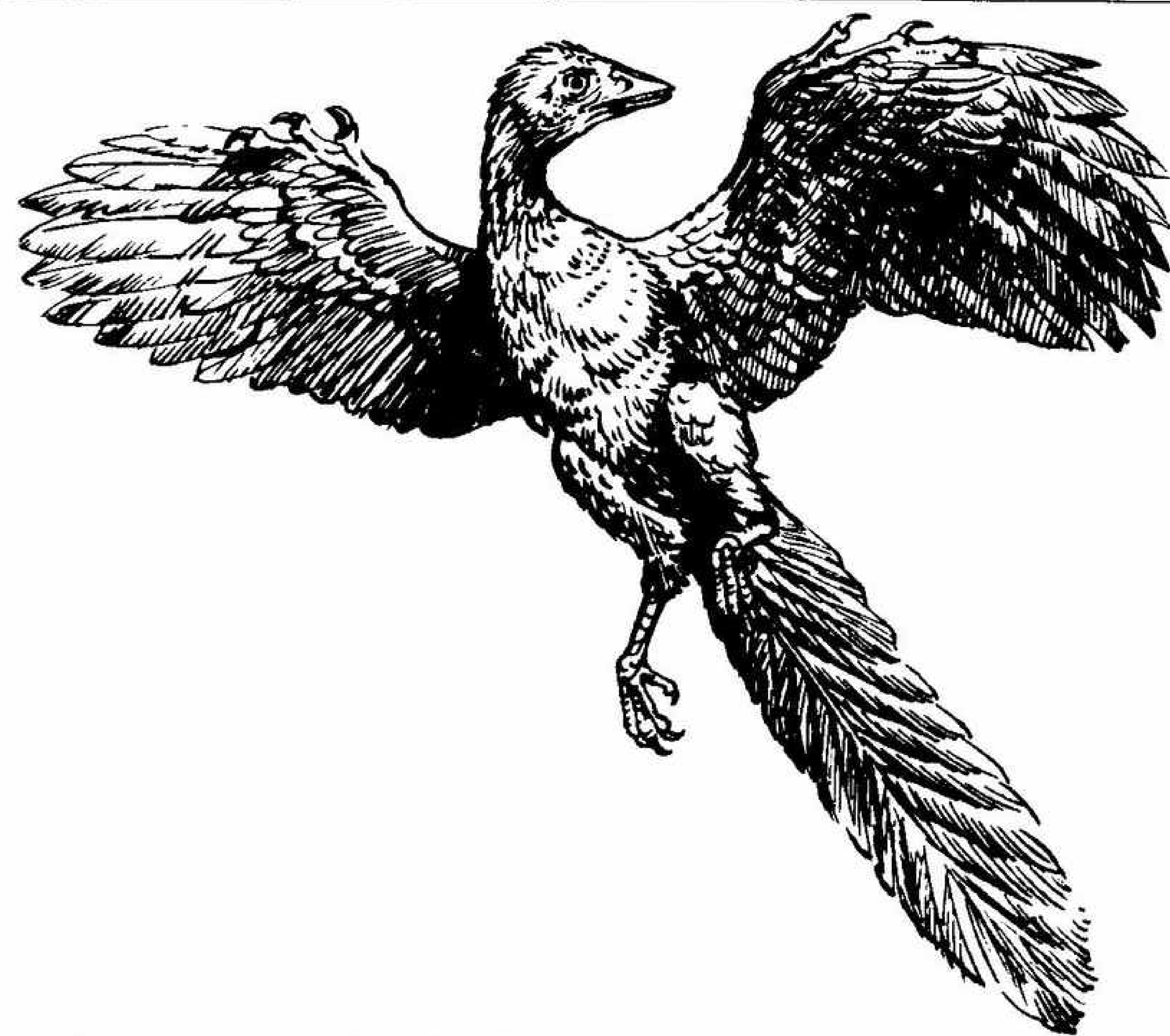


Fig. 6. ¿Un ave totalmente plumada o un auténtico ser intermedio? Reconstrucción artística del *Archaeopteryx*, que tenía el tamaño de un cuervo.

del determinismo embrionario, que permite que un pequeño cambio de ritmo en los procesos embrionarios tempranos produzca un efecto grande, que interesa a partes importantes del organismo.»

GOLDSCHMIDT, 1940

Es sabido que, por ejemplo, las especies muy próximas tienen composiciones genéticas muy similares. El ser humano y el chimpancé tienen más del 99% de los genes en común. Así pues, ¿por qué existen diferencias relativamente grandes en —pongamos por caso— el cerebro o las manos? Goldschmidt creía que esas diferencias se podían achacar, por entero, a cambios en los genes reguladores, que determinan los ritmos de los procesos de crecimiento corporal. Un computador está formado por millares de transistores que interaccionan como una compleja red, pero imaginemos un transistor único acoplado a la fuente de energía del computador: cualquier minúsculo cambio en este transistor regulador podría acelerar o cerrar el computador entero. De modo análogo, una mutación en un gen regulador podría mediar en todos los sistemas corporales si éstos tuvieran disposición jerárquica. Según este análisis, cambios menores en el lugar adecuado podrían refundir todo el organismo.

«Si fuera posible escoger juiciosamente genes estructurales y juntarlos en la relación adecuada con elementos reguladores, sería posible hacer cualquier primate, con algunas variaciones pequeñas, a partir de genes humanos...»

ZUCKERKANDL, 1978

Los cambios en esos genes reguladores o «conmutador» proporcionan una base realista a la tajante reorganización de la estructura. El biólogo estadounidense George Oster brindó recientemente un imaginativo ejemplo de efecto conmutador del desarrollo, que ayuda a comprender la evolución de estructuras de la piel como el pelo, las plumas, las escamas y los dientes. Los dientes y el pelo requieren la invaginación —plegamiento hacia dentro— de la piel, mientras que las plumas y las escamas requieren su evaginación —o plegamiento hacia fuera. Esto sugiere que no existe cambio gradual posible de, por ejemplo, un diente a una escama; el cambio sólo podría producirse de forma brusca:

«...Esto indica que no puede haber transición evolutiva gradual entre —pongamos por caso— las plumas y el cabello, porque están en dos ramas separadas de una decisión binaria.»

OSTER, 1980

La consecuencia es que un cambio génico relativamente insignificante puede causar una conmutación importante en el desarrollo y la aparición de un carácter nuevo.

Para Gould, pequeños cambios en la sincronización de la madurez sexual bastarían para iniciar cambios morfológicos importantes; y como ejemplo recurre a los primates superiores. La cabeza de un hombre adulto guarda poca similitud con la de un orangután adulto, en cambio es sorprendentemente parecida a la del orangután joven. Tan notable semejanza propone una fascinante explicación de la evolución del hombre (fig. 7; véase también el cap. 9, pág. 155). ¿Podría ser que el hombre hubiera evolucionado a partir de ancestros del tipo de los monos antropomorfos, no por selección de caracteres particulares, como el cerebro grande o la falta de pelo, sino por un simple adelanto de la madurez sexual? Puesto que otros procesos del crecimiento tienden a detenerse cuando se alcanza la edad para reproducirse, cabe modificar un ser vivo retrasando o acelerando ese momento. ¿Es ésta la causa de que un hombre adulto se parezca tanto a un orangután joven? Gould entiende que la evolución del hombre ha supuesto neotenia —el creciente adelanto de la madurez sexual—, lo cual ha llevado a los hombres adultos a parecerse a sus antecesores jóvenes. ¿Puede desencadenar el origen de nuevas especies un fenómeno así?

«Si no recurrimos al cambio discontinuo mediante alteraciones pequeñas de las tasas de desarrollo, no se me alcanza cómo pue-

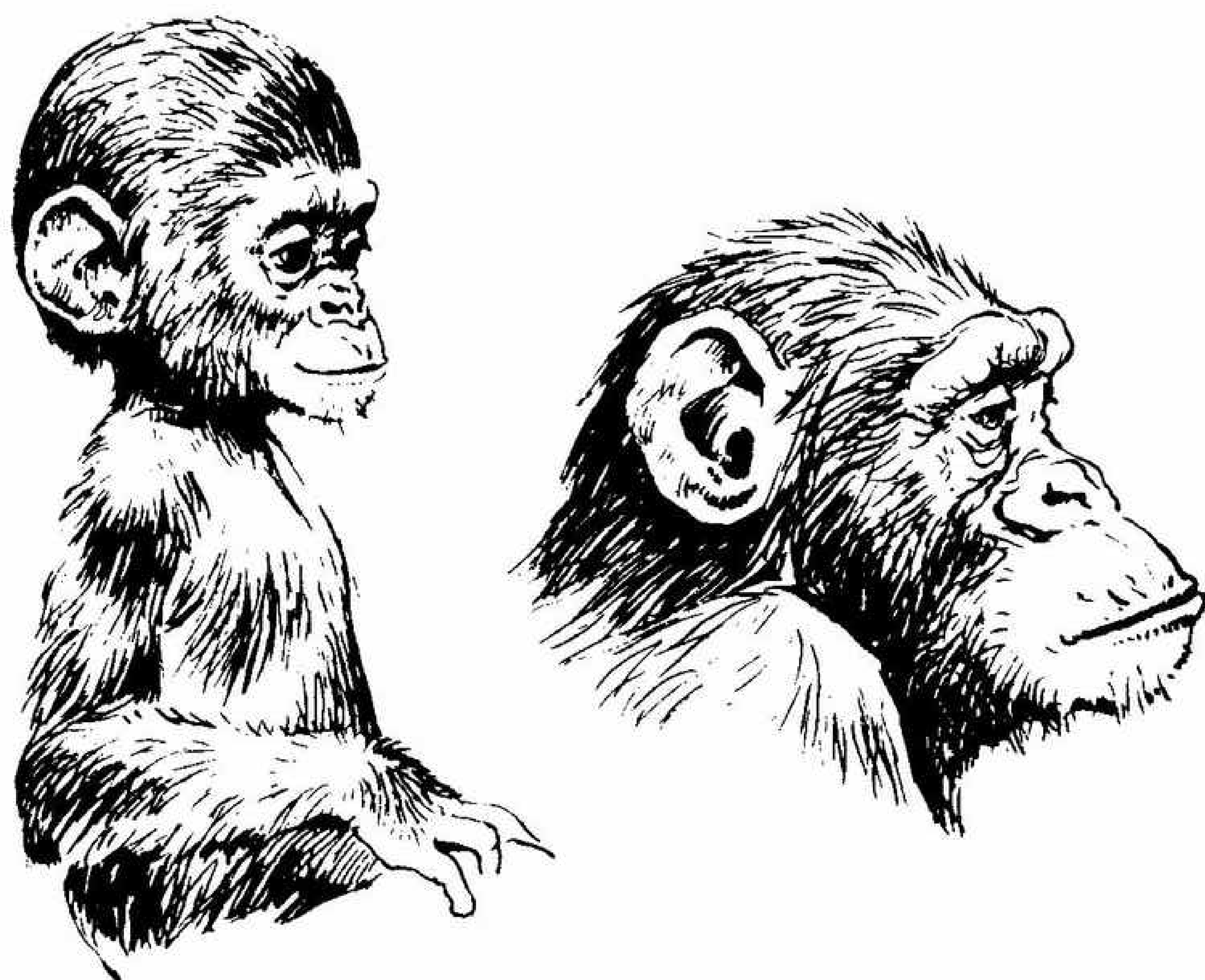


Fig. 7. Cría y adulto de chimpancé. El chimpancé joven, lo mismo que el orangután joven, guardan un extraordinario parecido con el hombre.

den llegar a consumarse la mayoría de las principales transiciones evolutivas.»

GOULD, 1978

Aún es hipotética la importancia que para la evolución de los animales puedan tener los mecanismos enérgicos de especiación considerados hasta aquí —poliploidía, reorganización cromosómica y cambios en el ritmo de desarrollo. Muchos genetistas especializados en animales consideran, lealmente, que el modelo tradicional del aislamiento geográfico es el más viable, y sostienen que la poliploidía es casi en exclusiva un fenómeno vegetal; que la reorganización cromosómica puede ser el resultado de la especiación, no su causa; y que no están documentados los cambios de ritmo, o de regulación, salvo en algunos anfibios como el ajolote. No obstante, este concepto de la especiación, bastante limitado, tiene pocas posibilidades de sostenerse ante los recientes adelantos de la genética.

Desde el descubrimiento de enormes cantidades de ADN de replicación —el llamado ADN «chatarra»— en plantas y animales, los genetistas andan en busca de una explicación que justifique su existencia. ¿Por qué la naturaleza, de suyo tan conservadora y económica, llena el decisivo «cianotipo» genético de los seres vivos con vastas cantidades de secuencias repetidas de ADN, en apariencia inútiles? Unos han propuesto que esas replicaciones son tan sólo «chatarra genética», sobras de desecho, de procesos genéticos normales. Otros creen que las replicaciones pueden ser «egoístas», que no sirven para nada útil pero «hacen autostop», en plan parásito, en el ADN normal. Hay todavía quienes sugieren que están ahí para permitir experimentar al genoma, para facilitar el ensayo de genes variantes nuevos sin interferir con el funcionamiento normal de los genes. La explicación más reciente, y la más sugestiva, apunta a que las replicaciones son, en realidad, responsables de la creación de nuevas especies.

Gabriel Dover y sus colegas de la Universidad de Cambridge han estudiado las replicaciones y descubrieron que están divididas en «familias», de modo que una secuencia particular puede estar repetida centenares o miles de veces en un conjunto cualquiera de cromosomas. Lo misterioso es que estas familias de replicaciones idénticas están siendo «homogeneizadas» constantemente en el individuo y en la especie, de manera que todos los miembros de una familia permanecen idénticos. Esta homogeneización sólo es posible en poblaciones reproductoras, de lo que resulta que los miembros de una especie cualquiera son reconocibles de inmediato por sus familias de replicaciones. Incluso especies con estrecho parentesco de —por poner un ejemplo— la mosca de la fruta, *Drosophila*, cuyos genes estructurales, no repetidos, pueden ser muy similares, son fáciles de identificar como distintas, gracias a sus secuencias de replicación. Dado que estas

familias de replicaciones suponen una gran proporción del genoma, la continua homogeneización puede facilitar el cruzamiento en el seno de una población (por ser elevada la compatibilidad genética). Dover propone que las familias de replicaciones son las que aseguran la «unicidad» de la especie —permiten el cruzamiento en su seno— e impiden la reproducción cruzada con otros individuos de «familias» distintas. Las replicaciones representan tal fracción del genoma —bastante más del 95% no es una proporción rara— que la más mínima diferencia entre ellas puede provocar la inevitable interrupción de la reproducción. Ahora bien, imaginemos dos grupos de una gran población, en los extremos opuestos de su región de distribución. Si la homogeneización en uno y otro extremo causara una ligera divergencia, cabría suponer a esas familias algo distintas propagándose y, a la postre, coincidiendo en el punto medio de la región de distribución, como las ondas en un estanque. Y esa pequeña divergencia podría ser la causa de que los dos grupos de la misma especie fueran genéticamente incompatibles: se estaría formando una nueva especie. Así pues, el origen de las especies puede deberse a diferencias aleatorias en las secuencias de replicaciones, y no tener nada que ver con los verdaderos genes estructurales, que son los elementos constitutivos del animal. Dover y sus colegas han denominado a este mecanismo de evolución como evolución «horizontal» o «concertada», que parece desafiar las leyes mendelianas de la segregación.

> «Esto sería el comienzo del aislamiento de la reproducción: una consecuencia accidental de la propagación de diferentes secuencias entre los cromosomas de dos grupos de individuos separados con reproducción sexual. Estamos proponiendo que el aislamiento de la reproducción no es necesariamente una consecuencia de la adaptación a medios ambientes separados.»
>
> DOVER et al., 1980

Una vez más, el comienzo de la formación de especies puede ser brusco y no tiene por qué estar relacionado de manera directa con la selección natural, y también una vez más se pone de manifiesto cómo ha disminuido su importancia a medida que progresaban más nuestros conocimientos sobre la especiación. Al principio, Darwin vio en la selección la máquina motriz de la evolución, transformando paso a paso, en el transcurso del tiempo, a un ser vivo en otro. Ya no creemos que esto ocurra. Para empezar, el aislamiento de la reproducción y el geográfico están catalogados de importantes (incluso de esenciales por los neodarvinistas), lo que mengua el papel de la selección. Más recientemente, las nociones de poliploidía, cambios cromosómicos y conmutadores del desarrollo han reforzado el componente de casualidad repentina en la especiación. Cabe considerar las ideas de Dover sobre la homogeneización como otra negación más de la importancia de la selección gradual, pues no es, según palabras del propio Dover, «una consecuencia necesaria de la adaptación».

El corolario final de la especiación es que concurren muchas causas y ninguna solución simple. Hay ejemplos concluyentes de especiación gradual y de especiación brusca, de especiación que requiere aislamiento geográfico y de especiación que no requiere ninguno; de mutaciones génicas que producen aislamiento de la reproducción y de alteraciones cromosómicas que tienen el mismo efecto.

Por último, la teoría de que la selección natural es la máquina motriz de la especiación, ya no es la razón fundamental de nuestro concepto de evolución. La selección natural puede explicar el origen de las adaptaciones, no el de las especies.

6. ¿POR QUÉ NO OBSERVAMOS TRANSICIONES GRADUALES EN LOS FÓSILES?

«El registro de los fenómenos geológicos es extraordinariamente imperfecto, y este dato explicará, en buena medida, por qué no encontramos interminables variedades uniendo todas las formas de vida, las extintas y las existentes, por medio de los más sutiles y matizados eslabones. Quien rechace este punto de vista acerca de la naturaleza del registro de fósiles, rechazará justamente toda mi teoría.»

CHARLES DARWIN, 1859

«El registro es pobre, desde luego, pero la irregularidad que cabe observar no es el resultado de lagunas, es consecuencia de las sacudidas del cambio evolutivo.»

STEPHEN JAY GOULD, 1980

Para Charles Darwin, la fuente más importante de indicios en apoyo de la selección natural radica en el registro de fósiles. Tenía por seguro que un estudio pormenorizado de los restos fósiles revelaría un modelo coherente con sus ideas de transformación gradual. Resulta, por tanto, muy significativo que gran proporción —quizá incluso la mayoría— de destacados paleontólogos de nuestros días no esté de acuerdo con la interpretación darviniana del *tempo* de la evolución. La raíz del distanciamiento estriba en que el registro fósil no habla de un despliegue lento, uniforme de la vida en el correr del tiempo; ofrece más una imagen esporádica de apa-

riciones súbitas y extinciones en masa, de transformación gradual junto a discontinuidades bruscas. Darwin creía que la dificultad estaba en la imperfección del registro de fósiles; los paleontólogos modernos opinan que el neodarwinismo constituye parte del escollo.

Mucho antes de que Darwin popularizara la idea de la evolución, los geólogos sabían que los fósiles existían y representaban los restos de criaturas otrora vivas. En la medida en que esas criaturas guardaban estrecha similitud con las vivas, no existía dificultad alguna para interpretarlas: la muerte no es contraria a ninguna «teología natural» y, en caso de necesidad, cabía argüir que todos esos restos del pasado habían vivido y perecido en los seis mil años que, según se estimaba, habían transcurrido desde el Génesis (en el siglo XVII, el obispo Ussher calculó que la creación había acontecido a primeros de octubre del año 4004 a.C.). Los problemas empezaron a surgir cuando se hizo patente que el registro de fósiles constituía una historia de acontecimientos del pasado que se remontaban mucho más allá de unos pocos miles de años y que muchas criaturas fósiles no guardaban parecido alguno con las vivas. ¿Por qué Dios había de tomarse la molestia de crear una especie sólo para dejarla extinguir? Esto era contrario a la teología. En la primera mitad del siglo XIX se enfrentaban, principalmente, dos escuelas de pensamiento que intentaban explicar el registro de fósiles: los catastrofistas y los uniformistas. En un grado sorprendente, se puede considerar el antagonismo actual como un descendiente directo del desacuerdo existente entre esas dos escuelas hace ciento cincuenta años.

Georges Cuvier, el influyente anatomista y geólogo francés, era el principal catastrofista. A principios del siglo XIX, en los años siguientes a la revolución francesa y profundamente influidos por ella, Cuvier propuso la idea de que, en cuanto a la geología, la historia del mundo estaba llena de grandes revoluciones o catástrofes, responsables de la extinción de un vasto número de especies. Más que invocar creaciones sucesivas para explicar la recuperación de la vida después de estas hecatombes, suponía irradiaciones y migraciones a partir de regiones no afectadas. En otras palabras, concebía un único acto de creación seguido de una serie de catástrofes que habrían producido extinciones parciales. Para Cuvier, esto explicaba a la perfección el aspecto de los estratos geológicos: largos períodos de estabilidad relativa salpicados de cambios bruscos.

En fuerte pugna con esas opiniones, el inglés Charles Lyell se convirtió en cabeza visible de los uniformistas con la publicación de su *Principles of Geology*, entre 1830 y 1833. Lyell creía que no era razonable recurrir a fuerzas desconocidas, en gran escala, para explicar el pasado; mejor sería intentar reconstruir la historia en función de las fuerzas conocidas del presente. Así, se consideraron explicación suficiente como causa del pasado geológico fuerzas graduales como el viento, las mareas, y el fluir de los ríos. Los uniformistas admitían bruscas discontinuidades de la geología, pero las interpretaban como largos períodos faltos de sedimentación, no como catástrofes. Para Lyell, un cambio brusco de la geología no reflejaba, necesariamente, un cataclismo ambiental; por el contrario, podría ser el resultado de un cambio gradual del clima, del caudal de un río, o de la desecación de una cuenca lacustre. La mayor aportación de Lyell fue quizá su apreciación de la enorme edad de la Tierra. Esto abría la posibilidad de que todos los espectaculares cambios registrados en la historia de la Tierra pudieran ser el resultado de la acumulación de efectos graduales que hubieran actuado durante larguísimos períodos de tiempo, sin necesidad de los catastróficos cambios sugeridos por Cuvier. Ahora bien, aunque Lyell aceptara la aparición y desaparición de especies, lo estimaba como creaciones y extinciones sucesivas, o como migraciones, no como un cambio «progresivo»; creía que todas las formas de vida importantes habían existido desde el principio (fig. 8).

Darwin, por obra de Lyell, estaba muy imbuido de esta idea. Cuando zarpó a bordo del *Beagle*, en 1831, llevaba consigo un ejemplar del recién publicado *Principles of Geo-*

logy, al que se refiere con frecuencia a lo largo de sus anotaciones de viaje. Ahora bien, no fue sólo en esta teoría geológica que Darwin recogió la influencia de Lyell; en el segundo volumen de los *Principles,* Lyell trataba por extenso la teoría de la evolución orgánica propuesta por Lamarck, y la importancia de la geología para semejante hipótesis. Claro está, Lyell no creía en la evolución (treinta años después seguía discrepando apasionadamente de la proposición de Darwin para el origen de las especies), pero inculcó en el joven Darwin una creencia casi religiosa en el poder de la gradación en la geología.

El uniformismo llegó a dominar la geología británica de mediados del siglo XIX, mientras el catastrofismo de Cuvier imperaba en el continente, sobre todo en Francia. Poco ha de sorprender, por tanto, que la idea de la gradación apuntalara *El origen de las especies.* La evolución es un proceso histórico, y la historia, tal como la presentaban los estratos geológicos, se entendió como uniforme y gradual. Por consiguiente, la evolución de la vida es gradual. Esta premisa se convirtió en una de las tesis implícitas del darwinismo y del neodarwinismo. En 1942, Julian Huxley, uno de los artífices de la síntesis moderna del neodarwinismo, reafirmaba esta creencia, a prueba de toda duda:

«En todos los casos en que se han conservado abundantes fósiles a lo largo de un período de tiempo considerable, tropezamos con los mismos fenómenos. El cambio de forma es muy gradual.»

HUXLEY, 1942

«El paleontólogo se enfrenta con formas que cambian continua y gradualmente de características en el transcurso del tiempo, hasta llegar a ser tan distintas que se hacen acreedoras de un nombre nuevo.»

HUXLEY, 1951

Comentarios así son típicos del tradicional enfoque darwinista al problema del registro de fósiles, y hasta hace pocos

años la mayoría de los evolucionistas no se atrevió a contradecir esta idea de gradación.

Para ilustrar el alcance del debate actual acerca del *tempo* de la evolución, he aquí dos citas de Stephen Jay Gould, representante arquetípico de la nueva generación de paleontólogos que discrepa de la gradación lyelliana:

«Durante millones de años, las especies permanecen inmutables en el registro de fósiles, y entonces desaparecen en un santiamén, siendo sustituidas por algo que es esencialmente distinto, pero al que está claramente emparentado.»

GOULD, 1980

«...la gradación es un prejuicio condicionado culturalmente, no una realidad de la naturaleza.»

GOULD, 1978

¿Cómo es posible que dos evolucionistas de pro sostengan opiniones tan opuestas? ¿Cuál es el mensaje del registro de fósiles: gradación o cambio brusco?

Desaparecería el problema sólo con que pudiéramos excavar en la superficie de la Tierra y seguir cronológicamente las huellas de la historia de una región al aumentar la profundidad. Por lo que cabe presumir, encontraríamos una historia de la vida fosilizada de dicha región, que mostraría la evolución de las formas desde los seres más simples.

Pero, en realidad, no se encuentra nada de esto. El registro de fósiles es poco uniforme y discontinuo; en ninguna región hay sentada, para que la interpretemos, algo más que una ínfima fracción del tiempo geológico. El registro de fósiles mundial es como una regla cortada en miles de segmentos cortos y luego esparcida al azar, a veces resulta muy difícil determinar la secuencia exacta del original. En el caso del registro de fósiles, sin embargo, la dificultad es aún mayor que con la regla troceada, por varias razones.

Primera, sólo existe registro de fósiles para fracciones esporádicas de tiempo y espacio, porque los fósiles representan

plantas y animales muertos, incluidos en un depósito sedimentario, como puede ser el lecho de un río o un estuario litoral. Siempre que, las fuerzas erosivas (no las sedimentarias) hayan actuado, no se encontrará fósil alguno. Análogamente, sólo contienen fósiles ciertas rocas; las que se han originado en focos volcánicos, o que han estado expuestas a enormes temperaturas y presiones, no contendrán fósiles. Así, en el mejor de los casos, los fósiles que encontramos son sólo los restos de aquellas criaturas que estuvieron «en el sitio adecuado, en el momento oportuno». Esto explica por qué el registro está tan disperso e incompleto, pues es improbable que se den condiciones apropiadas en un mismo sitio durante mucho tiempo.

Segunda, en el registro de fósiles sólo puede figurar parte de todos los seres vivos de un lugar o época cualesquiera, porque la fosilización se produce únicamente cuando hay tejido leñoso u óseo duro. Un fósil se ha convertido en tal porque las partes duras se descomponen con mayor lentitud y en torno a ellas se acumulan sedimentos de modo que se forma un molde, o vaciado, que se llena con ulteriores depósitos infiltrantes. Jamás se conservará toda criatura compuesta sólo de partes blandas —la mayoría de las plantas y una proporción significativa de los animales. Esto es un límite considerable a cualquier interpretación de la evolución de la vida primitiva, dado que el porcentaje de especies con partes duras ha aumentado en el transcurso del tiempo.

Tercera, la interpretación del registro de fósiles es dificilísima a causa de que la superficie terrestre y la mayoría de los organismos son móviles. No cabe suponer que el fósil que hallamos hoy —pongamos por caso— en la costa de África occidental, fuera realmente, en otro tiempo, una criatura de dicha costa. La deriva continental ha movido de aquí para allá las masas emergidas del planeta, como bloques de hielo en un estanque. Sabemos ahora, por ejemplo, que durante centenares de millones de años (hasta hace de ochenta a cien millones de años), África occidental estuvo unida a Sudamérica más o menos a lo largo de los actuales márgenes costeros, de manera que es probable que los fósiles que datan de esa época se encuentren en ambos continentes. El dato es, a todas luces, decisivo para cualquier interpretación de los linajes evolutivos africano-sudamericanos; hasta que no se tuvo en cuenta la deriva continental, tampoco se admitió como testimonio de dispersión o migración transoceánica la existencia de organismos similares en Sudamérica y África occidental. Esto ya no es necesario. Recíprocamente, cuando tropezamos con la aparición o desaparición brusca de una forma fósil en los estratos geológicos, importa no ignorar la posibilidad de migración de una región a otra. Sabemos que las aves y los mamíferos actuales realizan desplazamientos estacionales en busca de alimento o de territorio, y que se producen, como cosa natural, migraciones repentinas (como la reciente difusión de la langosta por el Sahara oriental), así pues, cabe suponer que semejantes acontecimientos también se produjeron en el pasado. Por tanto, la aparición súbita de una nueva criatura en el registro de fósiles no implica, de manera automática, evolución (o creación) repentina.

Podemos añadir a estas tres importantísimas dificultades de interpretación, las consideraciones que siguen:

1. Aun en períodos de sedimentación, se ha de dar el equilibrio químico adecuado para que se formen fósiles.
2. Formado el fósil, ha de permanecer intacto (es decir, ni erosionado, ni destruido) hasta que lo encuentre un paleontólogo.
3. Los yacimientos fosilíferos conocidos hoy día representan sólo una mínima fracción de todos los que son.
4. Incluso en condiciones óptimas, la investigación de nuestro tiempo sólo cuenta con ciertos caracteres, o partes, preservados, de animales y plantas fosilizados.

Quede, pues, claro que el registro de la evolución en cuanto a fósiles es, en el mejor de los casos, una enmarañada red susceptible de interpretaciones diversas. Es innegable que existen cambios bruscos en la geología y los fósiles; que esos

cambios ponen de manifiesto auténticas catástrofes o, en el otro extremo, cabe que no sean sino meros artefactos de un registro imperfecto, eso es todavía cuestión de opiniones.

Como en tantos problemas actuales de la teoría de la evolución, el propio Darwin sabía los apuros que comportaba la interpretación del registro de fósiles. Por su talante de partidario de la gradación, Darwin señalaba que la única razón para no ver un despliegue lento y uniforme de la vida radica en la imperfección del registro de fósiles.

«La geología, desde luego, no muestra cadena orgánica alguna tan delicadamente matizada; y ésta es, quizá la objeción más palmaria y seria que se puede esgrimir contra la teoría. La explicación está, a mi entender, en la extremada tosquedad del registro de fósiles.»

DARWIN, 1859

Acaso la metáfora más vívida acerca del registro de fósiles, sea la debida al propio Darwin:

«Veo el registro de fósiles como una historia del mundo burdamente redactada, y en un dialecto cambiante; de esta historia sólo poseemos el último volumen, que abarca apenas dos o tres países. De este volumen únicamente se han conservado breves y dispersos capítulos; y de cada página sólo unas cuantas líneas aquí y allá... Cada palabra... puede representar formas de vida.»

DARWIN, 1859

Esta interpretación —que la única razón de que echemos de menos toda la miríada de eslabones de la historia de la evolución, es atribuible a la imperfección del registro y clasificación de fósiles— es la que heredaron los neodarwinistas. Pero ésta ya no es la opinión dominante entre los paleontólogos.

A comienzos del decenio de 1970, varios destacados paleontólogos estadounidenses empezaron a expresar la idea de que, a pesar de los indiscutibles defectos del registro de fósiles, el esquema de Darwin es, en lo sustancial, erróneo y que la evolución parece desarrollarse no gradualmente, sino a sacudidas. Los principales defensores de esta idea —Steven Stanley, Niles Eldredge y Stephen Jay Gould— acuñaron el término «equilibrios interrumpidos» para significar el modelo, según ellos la veían: largos períodos de inactividad durante los cuales se observan pocos cambios visibles en una especie, interrumpidos por bruscas desapariciones o reemplazos de unas formas por otras distintas, aunque emparentadas. En otras palabras, la ausencia de eslabones no se debe a la «falta de páginas» en la historia, sino que es inherente a la evolución, lo que implica cambios bruscos en gran escala en los organismos.

Siempre se ha admitido, incluso por los más encarnizados partidarios de la gradación, que la historia geológica de la Tierra es, en ocasiones, brusca en muy gran escala. La extinción relativamente súbita de miles de especies marinas y terrestres —dinosaurios incluidos— al término del período cretácico, por ejemplo, ha sido un eterno quebradero de cabeza para los evolucionistas. Y, sin embargo, esa extinción súbita no tiene nada que ver. La extinción en masa, aunque de difícil explicación para cualquier teoría, en modo alguno niega la hipótesis de la transformación gradual; es tan sólo el reconocimiento de que, de vez en cuando, el medio ambiente puede ser bastante expeditivo y elimina de golpe muchas especies.

Un problema más serio y de mayores proporciones es la súbita aparición, hace seiscientos cincuenta millones de años, de representantes de virtualmente todos los tipos conocidos de animales (en realidad, el único tipo ausente es el de los vertebrados). Esta «explosión cámbrica» ha confundido a los paleontólogos durante más de un siglo, si bien las explicaciones convencionales se han centrado, una vez más, en las imperfecciones del registro del precámbrico. Pero, como en las extinciones cretácicas, no se vio en ello amenaza alguna para los principios darwinianos de transformación.

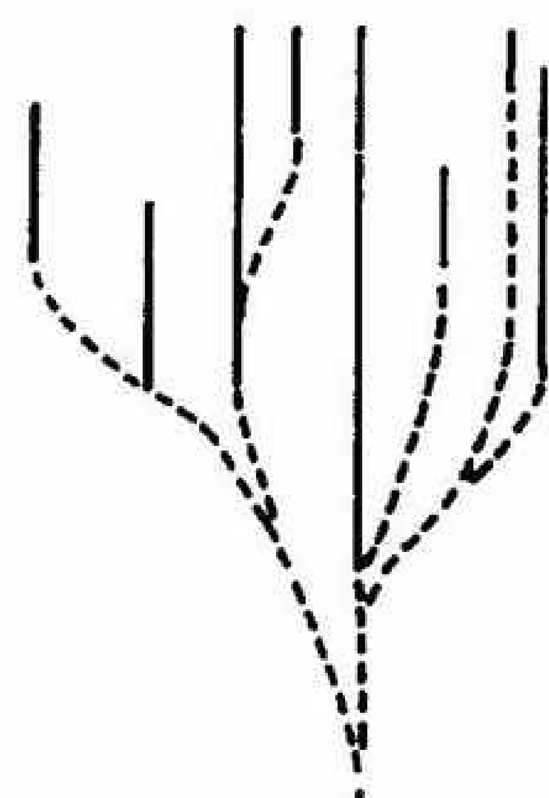
Se ha calificado la teoría de los equilibrios interrumpidos,

en el otro extremo, de asalto directo al neodarwinismo porque propone que, lejos de ser excepciones a la regla general, esas extinciones y apariciones repentinas son típicas de todo el registro de fósiles (fig. 8). El concepto clásico de estabilidad

A. *Lyell* (creaciones y extinciones)



B. *Darwin* (cambio gradual)



C. *Eldredge y Gould* (equilibrios puntuados)

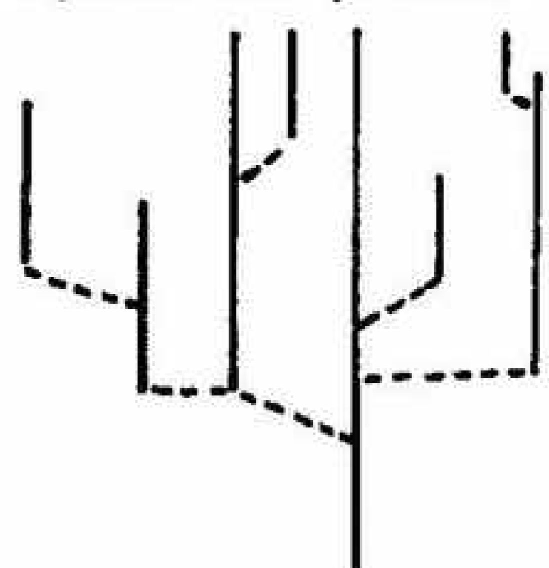


Fig. 8. El mismo modelo fósil se puede interpretar de diferentes maneras: *(A)* como organismos independientes, sin relación entre ellos; *(B)* como un «árbol» de ascendencias; *(C)* con parentescos, pero también con apariciones bruscas.

—la especie tiende a permanecer constante durante la mayor parte de su existencia— entraña que la evolución no es gradual, sino esporádica, y pone en tela de juicio el poder del medio ambiente como principal fuerza modeladora de la vida. ¿Permanece el medio ambiente constante durante millones de años y luego cambia bruscamente? Las opiniones favorables al cambio repentino de este medio también resultan controvertidas porque la velocidad de la evolución es demasiado rápida para explicarla mediante el neodarwinismo usual. Se ha hablado incluso (como señalábamos en el cap. 5) de macromutación y de la vieja idea de los «monstruos prometedores» para justificar el surgimiento de nuevos organismos.

No obstante, no se puede considerar esta controversia en términos de blanco y negro. Varía muchísimo la amplitud en que los partidarios de esta nueva concepción y los defensores del neodarwinismo ven en estas ideas una zapa a la teoría de la evolución. En la banda menos extrema del espectro está la aspiración a un enfoque plural del problema. El cambio evolutivo puede ser tanto gradual (porque, a fin de cuentas, hay algunos ejemplos convincentes de transición gradual en formas fósiles que apuntan a una evolución lenta, uniforme) como irregular. Incluso los casos de cambio irregular, de «equilibrio interrumpido», no tienen por qué desmentir obligatoriamente el neodarwinismo. Como vimos en el capítulo 5, se acepta, por lo general, que las poblaciones pequeñas de especies en el margen de su región de distribución pueden quedar aisladas y experimentar una divergencia genética bastante rápida a partir de la población parental. Dichas poblaciones aisladas pueden medrar en su nuevo medio ambiente, e incluso propagarse hasta barrer por completo a la población parental. Esta cadena de acontecimientos conduciría a una aparente evolución brusca en el registro de fósiles, aunque no se habría vulnerado ninguna de las reglas del neodarwinismo. Las formas intermedias existen, pero tan sólo se localizan en las poblaciones pequeñas de la periferia.

En el otro extremo del espectro está la segunda interpretación, descaradamente rebelde:

«La historia de cualquier parte de la Tierra, como la vida de un soldado, está hecha de largos períodos de aburrimiento y breves lapsos de terror.»

GOULD, 1980

Los paleontólogos como Gould defienden que las apariciones súbitas de especies nuevas en el registro de fósiles son reales, no artefactos. ¿Por qué habríamos de recurrir a migraciones y desconocidas deficiencias de la geología para explicar las observaciones de cambios repentinos? ¿No es más científico aceptar con valor las observaciones e intentar explicarlas? Y llegados aquí, salen a colación los monstruos prometedores y los cambios genéticos bruscos, coincidiendo punto por punto con el debate actual sobre la especiación y las discusiones acerca de qué mecanismos sustentan el origen de las especies. Existen, sin duda, tentadores paralelismos entre algunas de las ideas más recientes sobre la especiación brusca y el descontento de los paleontólogos con la anticuada hipótesis de la gradación respecto de la historia de los fósiles. Y aunque el trabajo de los paleontólogos no depende de la teoría de la evolución *per se*, es visible el disgusto de diversos paleontólogos en cuanto al neodarwinismo.

«Los partidarios del "equilibrio interrumpido" no niega la obra de la selección natural, simplemente sospechan que puede limitarse, en lo sustancial, a un sutil ajuste de adaptación al medio ambiente, y creen que quizá no esté justificada la extrapolación a los procesos de formación de especies.»

HALLAM, 1981

Algunos interpretan la inmovilidad del registro de fósiles como el seguimiento de la trayectoria, en pequeña escala, del medio ambiente por parte de una población; las fluctuaciones secundarias del medio producen cambios morfológicos menores en el organismo. Quizá la selección controle tales cambios secundarios —están dispuestos a admitirlo—, pero esto —afirman— nada tiene que ver con la especiación.

«Creo poder atisbar lo que se está desmoronando en la teoría de la evolución: la rígida edificación de la síntesis moderna con su creencia en la omnipresente adaptación, la gradación y la extrapolación, por vía de una suave continuidad, de las causas de cambio en poblaciones pequeñas a las principales tendencias y transiciones de la historia de la vida.»

GOULD, 1980

Las respuestas a las pretensiones de la evolución interrumpida van desde la paranoia a la perplejidad, con toda una gama de reacciones intermedias. De los baluartes del tradicionalismo extremo han llegado acusaciones de que los partidarios del equilibrio interrumpido están haciendo el juego a los creacionistas a causa de las claras implicaciones de la «aparición súbita» y la incapacidad del neodarwinismo. Una crítica más original —aunque no menos exagerada— es la de que se trata (a sabiendas o no) de una manifestación del marxismo, por sus apoyos revolucionarios. Si bien es cierto que las discontinuidades bruscas son típicas de un proceso revolucionario, sugerir que algunos paleontólogos están recurriendo al marxismo en el estudio de los fósiles, parece muy traído por los pelos (lo cual no significa negar que los hábitos de pensamiento pueden condicionar nuestra percepción del mundo; véase el capítulo 10).

La réplica científica más fuerte a las ideas de la evolución irregular ha llegado, como era de esperar, de los genetistas de poblaciones. Están de «cara al abismo» del proceso de la evolución, observando poblaciones que responden lentamente a las fuerzas ambientales, y son reacios a admitir que lo que ven a escala de población —su transformación gradual en el laboratorio de experimentación— pueda no ser aplicable a escala macroevolutiva. Su argumento tiene mucha fuerza, dado el enorme y concluyente número de observaciones de organismos que reaccionan adaptándose al medio ambiente. A muchos paleontólogos no les convence, sin más, la aparente prontitud o brusquedad del cambio en el registro de fósiles.

«Una nueva especie que tarde cincuenta mil años (dos metros de sedimento) en aparecer es repentina para un paleontólogo, pero gradual para un genetista.»

MAYNARD SMITH, 1980

Cinco millones de años pueden ser un simple estrato para el geólogo, quizá representan una minúscula fracción de la cara de un acantilado o de una época geológica; significan, sin embargo, decenas de miles de generaciones en la ascendencia de, por ejemplo, un caracol marino, y, por consiguiente, son un tiempo más que suficiente para que actúe la evolución gradual neodarwiniana. Para los genetistas de poblaciones, la idea de saltos bruscos por macromutación está más allá de toda consideración. Aparte que existen pocas pruebas a favor de las macromutaciones o de los cambios bruscos en el desarrollo, la idea en sí es un anatema:

«...sería como intentar realizar una operación quirúrgica con un escalpelo controlado mecánicamente, que sólo se pudiera mover un palmo cada vez.»

MAYNARD SMITH, 1981

Maynard Smith arremete asimismo contra los paleontólogos por no proporcionar suficientes pruebas fósiles en bruto, como defensa de sus pretensiones. Considera que la transformación gradual es una característica del registro de fósiles tan frecuente (si no más) como el cambio brusco. Un extremo es seguro: los datos firmes aportados en apoyo de una y otra cara del problema son escasos y poco convincentes.

Algo que los neodarwinistas parecen dispuestos a admitir es la dificultad de explicar los períodos de estabilidad: si, ciertamente, la estabilidad es un fenómeno general. Según los puntos de vista tradicionales, dicha estabilidad únicamente podría darse cuando la competencia, la depredación, las cadenas alimentarias y otras características del medio ambiente fueran, a su vez, estables. Pero, ¿hasta qué punto es esto probable considerando períodos de centenares de miles o incluso millones de años? La mayoría de los ecólogos diría que es muy improbable. Otra explicación plausible (examinada más detalladamente en el capítulo 9) de semejante estabilidad es que la genética o la biología del desarrollo (o ambas) de los organismos no permitiera más que el seguimiento de ciertas vías morfológicas. En otras palabras, una vez la especie ha encontrado una buena solución para los problemas ambientales, se aferra a ella mediante numerosos cambios y perturbaciones genéticas secundarias, y no volverá a cambiar hasta que haya alcanzado otra solución estable, con porvenir. Esto implica que existen serias limitaciones al cambio evolutivo y que sólo ciertas combinaciones genéticas darán paso a un organismo viable. Lo cual desmiente, una vez más, el enfoque neodarwiniano, que predeciría que los genes pueden actuar en la medida en que el organismo sea capaz de reaccionar (con tiempo por delante) a cualquier sutil cambio del medio ambiente. Este concepto de restricción genética y de desarrollo es fundamental para la teoría de la evolución por el corolario de que no son factibles todas las soluciones imaginables a los problemas. Si fuera así en el común de los casos, la importancia de la selección natural disminuiría al papel de un ajuste fino, en vez de ser una poderosísima fuerza modeladora.

John Maynard Smith se ha opuesto a este argumento, señalando que si la especie estuviera atrapada de hecho en «roderas» atribuibles a limitaciones de la genética o del desarrollo, no cabría esperar ver la cuantiosísima variación morfológica que observamos en las especies, sobre todo en las de amplia distribución geográfica. En efecto, ciertas especies de distribución amplia, como las gaviotas *Larus* del hemisferio norte (véase el cap. 5, págs. 58-59), muestran cambios físicos graduales a lo largo y ancho de su región, hasta tal punto que las gaviotas de los extremos se comportan como especies distintas, a pesar de que todas las poblaciones interesadas son perfectamente fértiles entre sí. Pero el problema no es tan fácil; especies como las gaviotas *Larus* bien pueden ser la excepción. No se observa semejante variación gradual en la

mayoría de los casos y todos los miembros son por igual fértiles entre sí.

¿Adónde nos conduce esto? Da la impresión de que el registro de fósiles puede brindar decisivos ejemplos de evolución gradual y de evolución interrumpida, de manera que no existe ninguna razón válida para descartar una teoría que abogue por el cambio gradual. Por otro lado, si los ejemplos discontinuos son reales y no meros artefactos debidos a la migración y la propia geología, hay que aplicar la teoría de la evolución al problema de interpretar explosiones rápidas de la evolución. Parece necesario un pluralismo de amplias miras antes de recabar nuevas pruebas.

Llegados a este punto, resulta divertido comprobar que nada en absoluto es realmente nuevo en este debate. He aquí a Darwin ante las dificultades de encontrar formas fósiles de transición...

> «Es una cuestión más importante... que el período durante el cual cada especie experimentó modificación, lo bastante largo como para medirlo en años, fue probablemente breve en comparación con el que permaneció sin sufrir cambio alguno.»
>
> DARWIN, 1859

Como de costumbre, Darwin se anticipó a la controversia actual. Lo asombroso, sin embargo, es que treinta años antes que Darwin, se planteara el mismo problema y fuera explicado, intuitivamente, por uno de los diversos adelantados de la teoría darwiniana de la selección natural: Patrick Mathew. En 1831, Mathew, ajeno por completo al mundillo de los zoólogos, publicaba un tratado sobre *Naval Timber and Arboriculture,* en que se lee el siguiente párrafo:

> «[los sucesos catastróficos]... deben de haber acortado tanto la existencia que quedaría un campo vacío para nuevas y divergentes ramificaciones de la vida... estos vestigios, con el transcurso del tiempo, modelan y acomodan de nuevo su ser al cambio de circunstancias, y a todo posible medio de subsistencia —y los millones de épocas de regularidad que parecen haberse seguido entre eras, probablemente después de que esta acomodación fuera completa, confieren al depósito fósil un carácter regular específico.»
>
> MATHEW, 1831

Sorprendentemente, el «equilibrio interrumpido» es sólo una de las diversas aseveraciones de la nueva generación de paleontólogos y, en algunos aspectos, no la más controvertida, aunque sea la más difundida. Los partidarios de la macroevolución tienen más ideas provocadoras para enfrentarse con los neodarwinistas.

Primera, la aparente *scala naturae* que existe en la longevidad de las especies. Así como los individuos tienen esperanzas de vida bastante predecibles, diríase que las especies tienen esperanzas de vida relacionadas con su complejidad. En resumen, cuanto más simple es el organismo, mayor será su período de permanencia en el registro de fósiles. Un ser vivo sencillo persistirá más tiempo que uno complejo, «muy evolucionado». La duración de plancton en el registro de fósiles puede ser de unos veinticinco millones de años, mientras que para un mamífero puede ser tan breve como unos centenares de miles de años. Pero, ¿por qué? De observaciones de este tipo parece estar surgiendo una teoría de la «selección de especies» —una suerte de selección natural en gran escala— que predice qué tipos de especies tienen más probabilidad de sobrevivir en diversas condiciones ambientales. Lo mismo que determinada clase de individuo sobrevivirá mejor en cierto ambiente, así un tipo particular de especie puede estar mejor adaptada para sobrevivir a los caprichos del tiempo geológico. Esto no es, sin duda, ni darwiniano, ni neodarwiniano, aunque no pone necesariamente en tela de juicio el espíritu de la selección natural de Darwin.

Una opinión mucho más chocante, que al parecer va ganando terreno poco a poco entre los paleontólogos, es la idea de que la evolución progresiva —incremento de la diversidad en el transcurso del tiempo— dista mucho de ser evidente en el registro de fósiles. Un texto reciente de investiga-

ción, *Patterns of Evolution*, ofrece el siguiente comentario en las conclusiones finales:

> «...llegamos a la inédita conclusión de que muchos paleontólogos parecen considerar que la diversidad total está próxima a un estado estacionario.»
>
> SCHOPF, 1977

Esto significa que el árbol de la vida ha dejado de echar ramas, que se ha alcanzado una especie de equilibrio en el cual ya no aumenta la diversidad de la vida. La idea resulta de observar que en la mayoría de los grupos estudiados no parece haber aumentado la diversidad específica a lo largo de la historia de su acontecer geológico. Combinada con el sempiterno rompecabezas de que nueve décimas partes de todos los *phyla* animales hayan tenido que aparecer justamente a lomos de período cámbrico —entre los restos más tempranos de la «explosión cámbrica», hace seiscientos cincuenta millones de años— esta opinión ha de turbar a los evolucionistas. La teoría del estado estacionario en la evolución es algo así como la teoría de la Tierra plana de la astronomía precopernicana: simplemente una mostruosidad hoy día. (Es también interesante que, en el mismo capítulo final de *Patterns of Evolution*, se haga constar que doce de los dieciséis colaboradores eran partidarios del equilibrio interrumpido frente a la interpretación gradual del cambio fósil.)

En resumen, reina la creciente sensación entre los más destacados paleontólogos de que el registro de fósiles muestra modelos no predecibles con nuestros conocimientos actuales sobre las poblaciones y los procesos en pequeña escala. Resulta superfluo que el equilibrio interrumpido sea una descripción más precisa que la gradación, evidentemente se dan los dos modelos y, en caso de necesidad, ambos se pueden reconciliar con el neodarwinismo. Un ritmo de evolución variable puede contrariar a algunos de los neodarwinistas más intransigentes, pero no agravia el neodarwinismo en sí. Las ideas de selección de especies en gran escala y de «esperanza de vida» de las especies son más difíciles de explicar en función del neodarwinismo, pero de nuevo, antes que un cambio de la teoría, quizá lo que se necesite sea sólo un anexo. La evidente preferencia por una interpretación estacionaria de la evolución es realmente una provocación y puede convertirse en un amargo campo de batalla en el futuro. Creemos que unas palabras de Richard Lewontin constituyen el comentario más imparcial para concluir este capítulo. En una época en que casi todos los genetistas andan de consuno contra la nueva teoría de moda en la paleontología, Lewontin señaló:

> «Como genetista evolutivo, no veo de qué manera el origen de los taxones superiores es consecuencia necesaria del neodarwinismo.»
>
> LEWONTIN, 1980

El mensaje parece ser que, si bien las investigaciones de los partidarios de la macroevolución, no se oponen a la teoría de la selección natural, acaso resulte inadecuada para explicar los acontecimientos en gran escala, para lo cual, en resumidas cuentas, fue originariamente pensada. Es posible que las leyes que gobiernan los procesos en gran escala —como el origen de nuevos tipos o la extinción de especies—, sean diferentes de las que rigen los acontecimientos en muy pequeña escala, de modo que los genetistas de poblaciones no deberían defender con tanto ahínco todos los aspectos de la evolución. Quizá los buscadores de fósiles tengan algo propio que añadir a la teoría de la evolución.

7. ¿PODEMOS SEPARAR EL MODELO DEL PROCESO?

«En mi opinión, el resultado más importante del cladismo es que un método simple, incluso ingenuo, de descubrir los grupos de la sistemática —el denominado sistema natural— ha llevado a que algunos nos demos cuenta de que muchas de las explicaciones actuales de la naturaleza, en función del neodarwinismo o teoría sintética, pueden ser retórica huera.»

COLIN PATTERSON, 1980

«Lo que los creacionistas han machacado durante años, ahora está siendo publicado abiertamente por el Museo de Historia Natural.»

BEVERLY HALSTEAD, 1980

«Cladismo», palabra rara vez oída fuera de los círculos biológicos —y poco comprendida incluso en ellos—, representa, sin embargo, un conjunto de ideas que ejercen profunda influencia en el reducido, aunque decisivo para la evolución, campo de la sistemática. El cladismo (del vocablo griego *klados:* rama o renuevo) es una forma de clasificar el mundo viviente en grupos: animal, vegetal o mineral; ave, reptil o pez. Una ocupación bastante insubstancial, podríamos pensar, si no fuera porque merced al cladismo algunos biólogos han llegado a dudar del valor de las ideas darwinianas. Si Darwin sumó la dimensión del tiempo a la clasificación

—proponiendo un proceso histórico para explicar los grupos—, los cladistas amenazan con restarla de nuevo. Por esta razón, el cladismo se ha convertido en caballo de batalla del neodarwinismo.

Mucho antes de que Darwin brindara un proceso para explicar el modelo de la naturaleza, los naturalistas habían intentado identificar y clasificar la increíble diversidad de los seres vivos. Esta práctica —de la que Linné fue, sin duda alguna, el exponente más célebre— se conoce como sistemática, o taxonomía, y es un ejemplo notable del ansia obsesiva del ser humano por recoger, identificar y catalogar los objetos del mundo. Si nos enfrentamos con la aleatoria colección de criaturas que incluye —pongamos por caso— un roble, un caracol, una rana, un abedul y un canguro, existen, como mínimo, algunas similitudes y diferencias obvias que permiten definir grupos. El roble y el abedul, por ejemplo, tienen entre sí bastante más en común (un tronco vertical, grueso, con ramas y hojas verdes) que con la rana; la rana y el canguro tienen un aspecto básicamente similar, con cuatro extremidades y una columna vertebral, que no comparten con el resto. Así, a partir de las observaciones más simples y superficiales, podríamos agrupar dichos organismos como sigue:

1. Roble y abedul.
2. Rana y canguro.
3. Caracol.

De manera análoga, existe una clara «gradación de la naturaleza», de lo simple (una ameba unicelular, p. ej.) a lo complejo (un vertebrado superior con centenares de millones de células diferenciadas, coordinadas). Por consiguiente, se pueden clasificar las plantas y los animales en grupos y jerarquías a partir de la exclusiva base del estudio de la estructura. Éste es el primer punto importante acerca de cualquier método de clasificación; es perfectamente factible clasificar la vida a partir sólo de lo que tenemos delante: no necesitamos saber cómo surgieron los caracteres por vez primera.

Cualquier teoría acerca del origen de la evolución ha de proponer un proceso que dé lugar a ese modelo de la naturaleza; pero, en realidad, el modelo llegó primero en el sentido de que «el estudio de los objetos causales ha de ser anterior al estudio de las causas de los objetos». Así pues, no es de extrañar que el sistema de clasificación de los seres vivos ahora dominante, al cabo de más de un siglo de darwinismo, guarde notoria similitud con las taxonomías que precedieron a Darwin, remontándose incluso a la *Scala Naturae* de Aristóteles, el cual proponía una clasificación lineal (no ramificada como la moderna) basada en el principio de la «perfección» —más o menos como nuestro actual concepto de complejidad. Y, huelga decirlo, el hombre ocupaba la cima de la escala:

1. Hombre.
2. Cuadrúpedos vivíparos (el caballo, p. ej.).
3. Ballenas.
4. Aves.
5. Anfibios y reptiles.
6. Serpientes.
7. Peces.
8. Cefalópodos (como el calamar).
9. Crustáceos (como la gamba).
10. Insectos y arañas.
11. Moluscos (el caracol, p. ej.).
12. Esponjas.
13. Plantas.
14. Naturaleza inanimada.

Conviene subrayar que Aristóteles, al incluir al hombre en su taxonomía, admitía que es un animal, así como la fuerte semejanza entre esta escala y ulteriores clasificaciones basadas en extensos estudios de anatomía comparada, desconocidos por Aristóteles.

El hecho mismo de que la escala natural aristotélica sea tan semejante a nuestra clasificación actual, demuestra que la

teoría de la evolución no es esencial para el trabajo cotidiano del taxonomista. De modo parecido, tampoco es necesario conocer la historia del motor de automóvil para ser un buen mecánico. Pero precisamente esta idea —la de que podemos separar el proceso de la naturaleza del modelo— ha causado considerables enojos a los neodarwinistas. Como veremos, algunos taxónomos cladistas son firmes defensores de que no sólo podemos separar la norma del proceso, sino que así tenemos que hacerlo si pretendemos ser taxónomos objetivos.

Desde Aristóteles, la historia de la sistemática muestra una tendencia hacia una mayor objetividad en la clasificación, gracias a los progresos en nuestros conocimientos sobre la estructura y la función comparadas. Quizá sea sencillo clasificar un caracol respecto de un árbol o un mamífero, pero determinar las relaciones dentro de un grupo estrechamente unido (como tigre, leopardo, puma, león) es mucho más arduo y exige un extenso dominio de la anatomía y la fisiología. No es recomendable tratar de clasificar a partir de pocas características; eso no conducirá más que a discrepancias y ulteriores dificultades. Cuando el gran Linné organizó el reino vegetal, en su *Systema Naturae* de 1735, decidió emplear sólo las estructuras sexuales como criterio de agrupamiento. Esto dio lugar, a la vista de las normas actuales, a algunos grupos totalmente artificiales, porque no tuvo en cuenta suficientes aspectos de la estructura y la función. La forma más inmediata de clasificar organismos es incluirlos en una misma clase si comparten iguales características —por ejemplo, tamaño, forma, estructura ósea, etc. El problema surge al decidir qué características son importantes. Tomemos, por ejemplo, un gorila, un hombre y un ratón. Si examinamos sólo el pelo corporal, pondríamos el gorila y el ratón juntos en la misma clase —porque ambos son pardos, peludos—, y el hombre en otra aparte. Si decidimos que esto es absurdo y que el tamaño del cuerpo es más importante, incluiríamos al gorila y al hombre en la misma clase —lo que acaso parezca más sensato, pero no es todavía suficiente. Una consideración prescindiendo del tamaño podría llevarnos a clasificar juntos, por

ejemplo, un ratón, un gorrión y ciertos lagartos, todo porque son pequeños y pesan unas onzas. Y sin embargo, en otros aspectos, son absolutamente independientes. Así pues, una buena clasificación ha de valorar muchas características.

El cladismo es una manera de hacerlo. Confiere rigor y exactitud a la práctica de la taxonomía, porque obliga al científico a ser objetivo y a separar los caracteres importantes de los insignificantes. De este modo, discernimos las relaciones entre los organismos mediante aplicación de reglas claramente definidas, no por el capricho del científico.

Hasta aquí, nada controvertido. El cladismo es un progreso en la ciencia de la taxonomía, e incluso los darwinistas más incondicionales no dudan en elogiar su empleo. El problema es que este rigor recién adquirido de la taxonomía ha conducido a ciertos cladistas a plantear cuestiones más amplias. La primera de estas cuestiones es: ¿Necesitamos las ideas de la evolución cuando clasificamos? La asunción implícita del darwinista no se hace esperar: ¡sin duda, sí!

> «...se ha de erigir el árbol de la vida sin presiones teóricas, para estudiar los puntos correspondientes.»
>
> DARWIN, 1859

La influencia de Darwin en la sistemática fue profunda. Con el reconocimiento de la evolución, se comprendieron dos puntos importantes. Primero, que las especies eran entidades más mudables que fijas, y, segundo, que todo organismo —vivo o muerto— representa una diminuta parte de un inmenso árbol de la vida.

> «...nuestras clasificaciones llegarán a ser, hasta donde consigan serlo, genealogías; y entonces divulgarán verdaderamente lo que puede ser llamado el plan de la creación.»
>
> DARWIN, 1859

Los grupos de organismos hasta entonces unidos en virtud de similitudes anatómicas, se convirtieron de repente en

descendientes emparentados de antecesores comunes, compartiendo caracteres a causa de su ascendencia. Las formas fósiles se presentaron de súbito como posibles antecesores muertos, no como creaciones malogradas, o víctimas de catástrofes del pasado. A la sazón, se consideraron las semejanzas estructurales como un indicio de ascendencia común, mientras que las diferencias se atribuyeron a divergencias en alguna etapa del pasado. Las clasificaciones planas, bidimensionales de Aristóteles y Linné se abrieron bruscamente a la vida tridimensional con la adición del tiempo y la ascendencia.

Como mínimo, en una primera ojeada, cierto interés por la evolución ayuda a visualizar un árbol de la vida y explica las notorias similitudes entre muchos grupos de la naturaleza. En muchos casos, sin duda, la existencia de un registro de fósiles ha permitido desentrañar linajes y parentescos. Cuando se halló el fósil del *Archaeopteryx* —un reptil con alas y plumas— en las calizas bávaras, mediado el siglo pasado, pareció un eslabón clarísimo entre los antiguos reptiles y las aves más recientes, y por consiguiente, probable antecesor de estas últimas. Hasta el mismo Darwin andaba encantado con el descubrimiento, y así lo interpretó. ¿Será posible que tales fósiles, e incluso fósiles vivos, nos permitan reconstruir la historia pasada de la vida?

Existen, sin embargo, auténticos problemas asociados al empleo de los fósiles en la clasificación, y la respuesta de los cladistas a esos problemas es lo que ha desatado buena parte de la controversia actual. Si tuviéramos un registro de fósiles completo de todas las criaturas que, en potencia, podrían haberse fosilizado en el pasado, todavía estaríamos en muy malas condiciones, en términos taxonómicos, porque una inmensa proporción de las especies (la mayoría de las plantas, por ejemplo) están exclusivamente compuestas de partes blandas que no se conservan en la roca, y también porque incluso las partes óseas duras de, por ejemplo, un dinosaurio, poco nos dicen de las funciones fisiológicas, de los órganos internos, ni del comportamiento del organismo. Pero ocurre

que el registro de fósiles lejos de ser completo, es muy escaso y circunstancial: apenas está representada una mínima fracción de las criaturas potencialmente fosilizables (véase también el capítulo 6, págs. 82-84). Y aún más importante, los restos —animales o plantas— que lo están, rara vez son lo bastante completos como para permitir una reconstrucción fiable de la estructura.

¿Qué debe hacer el taxónomo? Parece absurdo, o cuando menos la más cerril de las propuestas, dar a los fragmentos de hueso la misma importancia en la clasificación que a las perfeccionadísimas técnicas de la genética, la bioquímica, la embriología o la anatomía comparadas en los organismos vivos; y, sin embargo, ignorar por completo el registro de fósiles como guía de las relaciones de parentesco, porque es incompleto, vendría a ser como tirar el grano por querer sacar la paja.

Además, el carácter incompleto del registro de fósiles no es la única preocupación de los cladistas; para algunos, la idea misma de ascendencia es acientífica porque, simplemente, no hay manera de saber si tal o cual fósil es en realidad un antecesor.

«La idea de ascendencia es una especie de trampa lógica. Parecía a los primeros darwinistas, y es de suponer que a muchos de los de ahora, que levantar el árbol de la vida era sólo cuestión de tiempo, cuestión de dar con los fósiles adecuados, colocarlos en el correcto eslabón, y en breve, la historia entera de la vida se abriría ante nosotros como verdad revelada y hecho inexorable. Nunca resultó así, y hasta que no se desarrolló el cladismo, algunos no se dieron cuenta del porqué. La razón es bastante simple: aunque reconocemos el parentesco entre organismos por medio de caracteres, nada podemos decir sobre un antecesor que lo relacione con sus descendientes: el concepto de ascendencia no es abordable con las herramientas que tenemos. Podemos investigar la propia valiéndonos de registros parroquiales y demás; pero al remontarnos más atrás en el pasado, nos quedamos sin asidero al que agarrarnos, sin saber a qué atenernos.»

PATTERSON, 1981

En circunstancias ideales, la clasificación reflejaría exactamente la ascendencia; sin embargo, nuestro único criterio de clasificación en verdad fiable procede de las plantas y animales vivos: los descendientes. Es imposible, por tanto, recrear la ascendencia con exactitud. Los cladistas sugieren que tal vez los taxónomos no deberían estar condicionados por el inalcanzable ideal de la ascendencia reflejada, sino concentrarse más en clasificar las afinidades entre los organismos vivos. Algunos cladistas van más lejos y sostienen que las teorías de la evolución son prematuras para explicar el modelo existente, por cuanto son muy incompletos nuestros conocimientos sobre ella.

> «...es casi imposible que consigamos saber algo del proceso evolutivo, mientras no logremos comprender el modelo que ha producido, y ...aun hoy día, apenas si hemos empezado a conocer ese modelo.»
>
> PLATNICK, 1980

Para los cladistas como Platnick y Patterson, la teoría de la evolución, además de ser innecesaria para una buena taxonomía, puede entorpecer mucho el conocimiento de la naturaleza con sus ideas preconcebidas de un parentesco erigido a partir de testimonios fósiles, tan lastimosamente escasos. Recientemente, por ejemplo, han corrido noticias de una verdadera ave fósil, más antigua que el *Archaeopteryx*. Así, un simple fósil puede destruir toda una teoría edificada —en falso, como se ha visto— para explicar cómo un tipo ha dado lugar a otro tipo. Muchos cladistas albergan ahora un recelo general ante los «cuentos» de la evolución. Aunque los principios de clasificación adoptados por los cladistas han merecido amplia acogida y aprobación por parte de los taxónomos, este divorcio entre evolución y taxonomía, y las dudas insinuadas acerca del neodarwinismo, han provocado una enconada disputa entre otros biólogos.

Los principios de la escuela cladista, fundada por Willi Hennig, alemán, especialista en sistemática a comienzos del decenio de 1960, son simples y sensatos. Supóngase que deseamos determinar el parentesco entre un lagarto, un canguro y una rata. El primer principio del cladismo es que «dos grupos están más estrechamente emparentados entre sí que con un tercero cuando los dos grupos comparten una homología no compartida con ese tercero». Así, hemos de buscar caracteres comunes a dos de las tres especies. No hay que centrarse en estudiar los hallados en sólo una de ellas (por ejemplo, la bolsa del canguro), porque no nos dirán nada acerca de sus afinidades. Por el mismo criterio, no hay que conceder importancia a los que son idénticos en las tres especies (la columna vertebral, por ejemplo). Hemos de buscar homologías, o caracteres compartidos, como la estructura de la piel, la reproducción o aspectos anatómicos; en los tres casos, es palmario que la rata y el canguro comparten caracteres no hallados en el lagarto, y, por consiguiente, tienen un parentesco más próximo. Los caracteres empleados en la determinación de esas afinidades no son fijos, sino relativos; dependen de lo que se compara. Si se compara un insecto con el trío lagarto/canguro/rata, entonces la columna vertebral se convierte en criterio de agrupamiento, cuando antes no lo era. Análogamente, el criterio de poseer pelo, o glándulas mamarias, resulta inútil si se compara, por ejemplo, el trío canguro/rata/conejo, porque los tres presentan estos caracteres.

Sin duda alguna, el principio más controvertido de la taxonomía cladista es que ninguna criatura se puede clasificar como antecesora de otra cualquiera (fig. 9). Una serie de organismos muy próximos siempre se agrupa «igual». En otras palabras, las tres especies A, B, C sólo pueden estar relacionadas de una de las tres formas; un cladista nunca aceptaría que una fuera ancestral de otra.

En el estudio de las especies vivas, esta suposición no es problemática, porque ninguna especie existente puede ser ancestral de otra también existente, aunque pueden estar emparentadas por un reciente antecesor común. (Por más que la cebra y el caballo puedan estar muy próximos en función

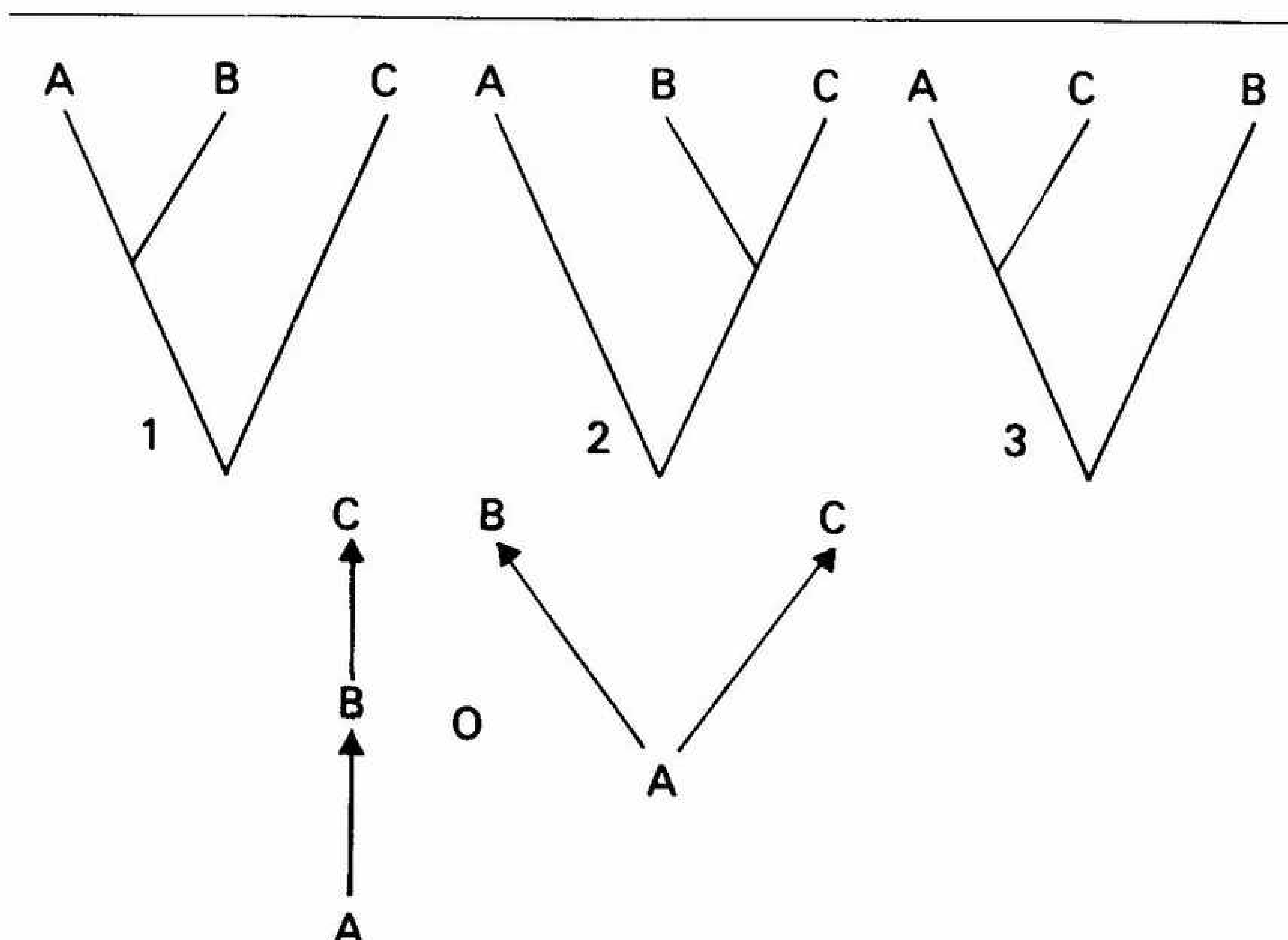


Fig. 9. La taxonomía cladista siempre agrupa una serie de organismos estrechamente emparentados, colocándolos a igual nivel (1-3, arriba). Jamás aceptaría que uno sea antecesor de otro (abajo).

de su ascendencia, nadie argüiría que la cebra desciende del caballo de nuestros días; no es imposible, sin embargo, que haya nacido de un antecesor reciente del caballo moderno.) En la aplicación de la taxonomía cladista a los fósiles surge la discusión. Los cladistas sostienen que aun existiendo información suficiente para permitir la clasificación de los fósiles, es acientífico e irrazonable suponer vínculos ancestrales.

El origen del hombre ofrece un ejemplo clásico de los peligros de la clasificación de los fósiles. Cada vez que se desentierra un nuevo cráneo o fémur de homínido, los antropólogos intentan reconstruir el linaje de los homínidos para dar cabida al nuevo hallazgo. De ese modo los resultados nunca serán firmes porque, como hemos visto en los últimos diez años, todo descubrimiento nuevo es siempre capaz de modificar la interpretación vigente. A menos de un año de la retransmisión de su «definitiva» serie de televisión, *The Making of Mankind*, el antropólogo Richard Leakey disentía ya de algunas de sus propias teorías. Aun cuando parezca irrecusable la historia de cómo determinada criatura evolucionó, nunca podremos asegurar con rigor científico que el esquema esbozado sea el correcto. Y no sólo el registro de fósiles es desoladoramente insuficiente, sino que además tampoco tenemos forma de saber si determinado organismo es el verdadero antecesor de otro. Ha ocurrido, sencillamente que una hipótesis de trabajo fundamental para los cladistas —que los seres vivos deberían ser clasificados sin presunciones de ascendencia— ha llevado a dudar de la idea misma de ascendencia:

> «La pregunta surge de inmediato: ¿por qué se niegan los cladistas a reconocer antecesores? Plantean más a menudo esta cuestión los paleontólogos que designan fósiles a título de antecesores y los pintan en árboles evolutivos. Las preguntas que, a su vez, formularía un cladista serían: ¿Cómo reconocemos los antecesores? ¿Cómo demostrar una hipótesis de ascendencia? ¿Qué ganamos proponiendo esas hipótesis en primer lugar?»
>
> FOREY, 1981

Éste es, claro está, el punto donde se abren las compuertas y la riada del cladismo se cruza con el neodarwinismo, levantando espuma y salpicaduras. Los evolucionistas están dispuestos a conceder que los cladistas puedan clasificar sin que la teoría de la evolución desempeñe papel alguno, pero comenzar negando toda existencia de antecesores es, lisa y llanamente, demasiado. Los biólogos han escrito miles de libros explorando la ascendencia: el origen de la vida, el auge y decadencia de los dinosaurios, el origen del hombre. Para los cladistas que rechazan la ascendencia, esas obras son poco menos que ciencia ficción, y carentes de fundamento las explicaciones darwinianas de cómo las criaturas del pasado cobraron existencia y se extinguieron.

> «Todo lo que podemos aprender acerca de la historia de la vida, lo aprendemos de la sistemática, de los grupos que descubrimos en la naturaleza. Lo demás son cuentos de una u otra clase. Tenemos acceso a las normas del árbol; el árbol en sí es pura teoría, y quienes pretenden conocerlo y describir lo que sucedió en él —cómo brotaron las ramas y ramitas—, son, en mi opinión, unos cuentistas.»
>
> PATTERSON, 1981

Evidentemente, algunos cladistas, como Peter Forey y Colin Patterson, del Museo de Historia Natural, de Londres, rechazan el papel de la teoría de la evolución en la taxonomía, y existen indicios firmes de una desestimación más general de todo el neodarwinismo. Luego, poco ha de sorprender que se haya desatado un «gran debate cladista» en las páginas de *Nature,* una de las publicaciones científicas más prestigiosas del mundo, durante los últimos tres años. Las páginas de cartas al director de *Nature* se han convertido en foro de una interminable discusión acerca del cladismo y los cladistas, discusión clamorosa unas veces, divertida otras, pero siempre entretenida.

A finales de 1980, el paleontólogo Beverly Halstead, incondicional taxónomo de la «vieja escuela», en un ataque generalizado a los cladistas del Museo de Historia Natural, acusó a una de las recién inauguradas exposiciones, «El origen del hombre», de prestar apoyo indirecto a los creacionistas con el principio de que no se puede calificar de antecesor del hombre a ningún homínido fósil. Fue más lejos:

> «Si el enfoque cladista llega a consolidarse como saber aceptado, se habrá incorporado un punto de vista esencialmente marxista de la historia de la vida a un elemento clave del sistema educativo de este país.»
>
> HALSTEAD, 1980

El insólito empleo que Halstead hace aquí de la palabra «marxista», parece deberse a un malentendido por su parte; quizá haya confundido el cladismo con el despertar actual de

las ideas de aparición y desaparición bruscas de fósiles (véase el capítulo 6) que, desde luego, deja entrever un enfoque marxista, revolucionario, de la evolución. Pero Halstead no estuvo solo en este ataque. Otro aspecto de la exposición «El origen del hombre», del Museo de Historia Natural, que causó revuelo, fue el uso de la expresión «si la teoría de la evolución es cierta...».

En respuesta a esto, John Maddox, polémico director de *Nature,* escribió un mordaz editorial:

> «Si hay que tomar las palabras en serio, la decadencia del Museo ha ido más allá de lo que Halstead nunca imaginó.»
>
> MADDOX, 1981

Advertía además al Museo de que «se guardara de renunciar al darwinismo». En este punto, el debate, hasta entonces circunscrito al enclave cladista del Museo de Historia Natural y su hipotética influencia «subversiva» en las exposiciones públicas, se abrió a una discusión de más alcance acerca del valor del neodarwinismo como teoría científica.

¿Qué debemos hacer con el debate cladista? ¿Son los cladistas extremistas —aquellos que repudian la idea de ascendencia y la perspectiva neodarwinista— heraldos de una nueva biología posdarwiniana, o están tan rematadamente fuera de lugar como sostienen Halstead y Maddox?

Veamos cómo han llegado a dudar del neodarwinismo. El cladismo es un progreso para la taxonomía por su rigor, y ése ha conllevado, en cierta medida, buscarle tres pies al gato al asunto de los fósiles y la ascendencia. A su vez, como resultado de ello, se ha efectuado un examen más pormenorizado de la propia teoría neodarwiniana y, según parece, se han confirmado las más negras sospechas: la teoría no era capaz de explicar el pasado. Llegados a este punto, los cladistas se ceban en otros aspectos de la teoría de la evolución también «en la picota» —las dudas sobre la especiación, la incertidumbre acerca del ritmo del cambio evolutivo—, y sacan la conclusión de que sus propias dudas son más que justificadas,

pues otras muchas facetas del neodarwinismo están ahora en tela de juicio. ¿Pero no han ido demasiado lejos esos cladistas?

Se ha aceptado ampliamente la taxonomía cladista porque proporciona un medio objetivo y eficaz de discernir afinidades entre organismos. Uno de los resultados beneficiosos ha sido una «limpieza a fondo» de las ideas tradicionales, de modo que ahora se miran con el ceño fruncido las afirmaciones no persuasivas y sin fundamento acerca de la ascendencia y la adaptación. Hay cladistas que no van más allá. Y para éstos, los cladistas extremistas, que rechazan el neodarwinismo *in toto*, se han excedido. Una cosa es decir «vaya con cuidado al proponer una ascendencia», y otra muy distinta, «*nunca* se pueden encontrar antecesores». Es admirable ser riguroso y afirmar «vamos a estudiar el modelo antes de proponer un proceso», pero es de una ingenuidad meridiana divorciar de forma tan radical la teoría de la observación. El proceso neodarwiniano, a pesar de todos sus defectos y abusos, es el único marco viable donde situar la vida. Si los cladistas tienen otro proceso, que lo expongan; mientras tanto, es, sin duda, un error rechazar toda la selección natural sin proponer otra opción. Imaginamos que los cladistas extremistas replicarían a tal comentario: «para empezar, el neodarwinismo no explica el origen de las especies; sólo borrando de nuestra mente tamañas ideas podremos aspirar a observar objetivamente la norma de la naturaleza».

En cierto sentido, el tiempo juzgará a los cladistas. Si la teoría de la selección se marchita, dentro de veinte años se les considerará como nuncios de una nueva objetividad; si el neodarwinismo se recupera del asedio cladista, pasarán, sin duda alguna, por una «pandilla de locos» que en realidad «nada comprendieron de la selección natural».

Resista esta revuelta o sucumba a ella el neodarwinismo, hay que situar las actitudes en su ámbito. El asalto cladista coincide con un período de dudas acerca de otros aspectos —científicos y filosóficos— del neodarwinismo, pero además cabe juzgarlo como el despertar de una tradición de la biología. En 1917, el gran biólogo D'Arcy Thompson escribía:

«El físico interpreta en función de las propiedades de la materia, clasifica según un análisis matemático... y su tarea termina ahí. Sin embargo, cuando esas formas, esas conformaciones y configuraciones se presentan en los seres vivos, el biólogo introduce al punto sus conceptos de herencia, de evolución histórica, de sucesión en el transcurso del tiempo... de origen común de formas similares, aisladas en un remoto pasado por el espacio geográfico o el tiempo geológico, de aptitud para una función, de adaptación a un medio ambiente, de superior e inferior, de "mejor" y "peor". Ésta es la diferencia fundamental entre las "explicaciones" de los físicos y las de los biólogos.»

D'ARCY THOMPSON, 1917

Así pues, D'Arcy Thompson habría aplaudido a los cladistas. Como ellos, estaba más interesado por el estudio de la forma que por explicaciones prematuras de cómo ésta «evolucionó». Los físicos esbozaron una tabla periódica de los elementos mucho antes de lanzarse a una explicación que la justificara; todavía no tenemos un modelo convincente de la evolución de los elementos, pero disponemos de la tabla periódica.

Los neodarwinistas consideran a los cladistas extremistas como casos insalvables, biólogos que han perdido el rumbo. Pero, en gran medida, creemos que no se les ha entendido bien. Si removemos debajo del sensacionalismo superficial del «rechazo de la ascendencia», de «hacerles el juego a los creacionistas», hombres como Patterson no van diciendo realmente que las explicaciones neodarwinianas sean malas de necesidad, sino que afirman que la mayor parte de la teoría puede resultar inoportuna para el progreso de la biología:

«Así como la biología predarwiniana fue obra de personas con la fe puesta en el Creador y su plan, la biología posdarwiniana lo es de personas con la fe puesta poco menos que en la divinidad de Darwin. Su cometido consiste, al parecer, en elaborar su teoría y llenar las lagunas de ésta, en completar las ramas y ramitas del árbol. Pero me atrevo a afirmar que el armazón teórico tiene muy poca repercusión en el progreso actual de la investigación biológica.

En cierta manera, se me antoja que algunos aspectos del darwinismo y el neodarwinismo han detenido el progreso de la ciencia... Hay una extraordinaria fermentación bullendo en la biología evolutiva del momento. No pretendo adivinar adónde conducirá. Creo que persistirá la teoría general —que se ha producido la evolución—, y que acaso lleguen más personas a darse cuenta de que no es esencial creer en ella para dedicarse a investigaciones biológicas.»

PATTERSON, 1981

Si las dudas cladistas fueran la única nube en el horizonte de la evolución, podríamos ignorarlas más fácilmente.

8. ¿PUEDEN LOS GENES APRENDER DE LA EXPERIENCIA?

«En efecto, sólo dos teorías de la evolución han avanzado: una, que se origina con Lamarck... otra, que se origina con Darwin...»

JOHN MAYNARD SMITH, 1966

«Cuando los individuos de cualquier especie cambian de situación, clima, modo de ser o costumbres, su estructura, forma, organización y, en realidad, toda su esencia se modifica poco a poco hasta que, en el transcurso del tiempo, ésta reacciona al cambio experimentado por el organismo... de modo que, después de muchas generaciones sucesivas, esos individuos, que originariamente fueron, digamos, de una especie dada, acaban convertidos en los de otra.»

JEAN BAPTISTE DE LAMARCK, 1809

El reciente despertar del lamarquismo es uno de los asaltos a los postulados de la evolución vigentes que más ha llamado la atención. De hecho, los despertares lamarquianos estuvieron de moda antes incluso de que Charles Darwin pusiera la pluma sobre el papel. El reciente renacimiento no es sino el último de una larga serie. Poco ha de sorprender, al leer la cita anterior, que las ideas transformistas de Lamarck hayan persistido con tanta tenacidad. Para casi todos los biólogos experimentados, esas líneas podrían fácilmente haber sido escritas por el propio Darwin. Comparten, desde luego,

ciertas ideas fundamentales: presión ambiental, transformación gradual, incluso origen de nuevas especies. Y, sin embargo, en cuanto a mecanismo, la similitud es superficial: Lamarck propuso —en el mismo año en que nacía Darwin— un mecanismo de evolución independiente de las posteriores ideas de Darwin sobre la selección natural. Lamarck afirmaba que las modificaciones adquiridas mediante adaptación por un organismo durante su vida podían ser transmitidas directamente a sus descendientes.

En 1979 se invitó a Karl Popper, destacado filósofo de la ciencia, a escoger el libro que, a su juicio, fuera la publicación más interesante de aquel año. La inesperada elección recayó en un delgado volumen de un inmunólogo australiano entonces desconocido, Edward Steele, titulado: *Somatic Selection and Adaptive Evolution: On the inheritance of acquired characters*. En él, Steele esboza un radical distanciamiento respecto al neodarwinismo al proponer que la herencia lamarquiana puede ser moneda corriente en los sistemas inmunitarios de los animales. Steele propone, y más adelante afirma haber realizado con éxito, experimentos que demuestran la herencia de caracteres adquiridos —postulado central del lamarquismo— en animales de laboratorio. Llega incluso a rechazar la teoría neodarwinista en vigor como «...un aparato conceptual bastante burdo, inverosímil para ser la última palabra sobre la evolución de los organismos multicelulares...». Fue un gesto magnífico, típico de la tradición lamarquiana, que comprende nombres como Kammerer y Lysenko: científicos cuyos esfuerzos por vindicar a Lamarck acabaron en ignominia. Hasta ahora, la obra de Steele ha corrido un destino extrañamente parecido.

Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, caballero de Lamarck, como tantos naturalistas de los siglos XVIII y XIX parece haber ido a parar a la biología poco menos que de rebote de ocupaciones más hidalgas y usuales como la teología, la medicina o la carrera militar. La primera cosa excepcional en torno a Lamarck es que probó en las tres antes de sentirse llamado, según se dice gracias al filósofo romántico Jean

Jacques Rousseau, por el estudio de la naturaleza. Lamarck llegó a convertirse en uno de los biólogos más destacados de Francia y fue nombrado, en 1794, profesor de zoología de invertebrados en el prestigioso Museo de Historia Natural de París. Pero hasta 1809, con la publicación de la *Philosophie Zoologique*, Lamarck, que entonces contaba sesenta y cinco años de edad, no propuso una teoría de la evolución.

El mejor prólogo a esa contribución de Lamarck al estudio de la vida es un párrafo de Charles Darwin en *El origen de las especies:*

> «Ante todo, prestó el eminente servicio de llamar la atención sobre la posibilidad de que cualquier cambio, tanto en el mundo orgánico como en el inorgánico, sea el resultado de una ley, no de una intervención milagrosa.»
>
> DARWIN, 1872

Es chocante que este mismo papel, la sustitución de la teología por la biología, se haya atribuido tan a menudo al propio Darwin. Considerando que Lamarck reflexionó sobre el cambio orgánico, e incluso propuso mecanismos para él, cincuenta años antes que Darwin, la contribución de Lamarck ha sido, a todas luces, menospreciada. O quizá sería más correcto decir que se ha valorado en demasía la de Darwin.

Es error muy común atribuir a Darwin no sólo la teoría de la selección natural, sino también la de la evolución. De hecho, cabría argüir —y de forma bastante convincente— que, hablando en sentido estricto, ni la una ni la otra tuvieron su origen en Darwin, aunque fue él quien primero las unió como causa y efecto. La evolución, la idea de que la vida ha pasado por una sucesión de formas relacionadas por ascendencia, aparece claramente en los escritos de varios pensadores de las postrimerías del siglo XVIII, como Buffon, Hutton y hasta en las del propio abuelo de Charles, Erasmus Darwin:

> «¿Diremos, entonces, que la hebra viva de los vegetales fue en su origen distinta de la de cada tribu de animales...? O como la tie-

rra y el océano estuvieron poblados, seguramente, con creaciones vegetales mucho antes de la existencia de animales; y muchísimas familias de esos animales, mucho antes que otras, ¿conjeturaremos que uno y solo un tipo de hebra viva es y ha sido la causa de toda la vida orgánica?»

ERASMUS DARWIN, 1794

La «hebra viva» mencionada por Erasmus Darwin pretendía significar material «formativo» (o «hereditario»), por tanto es evidente que estaba pensando en alguna clase de evolución orgánica. Tales ideas llegaron a ser moneda corriente (aunque no necesariamente aceptada) a finales del siglo XVIII y comienzos del siguiente.

Lamarck fue el primero en sugerir cómo pudo haber evolucionado la vida. En la *Philosophie Zoologique*, señala que la producción de nuevos caracteres anatómicos o fisiológicos es el resultado de una «necesidad» *(besoin)* sentida por la criatura como respuesta al medio ambiente, y que la herencia preserva y transmite a la descendencia de ese individuo todo lo adquirido o cambiado durante su existencia. He ahí la esencia del lamarquismo: la herencia de caracteres adquiridos.

Imaginemos un herrero que utiliza continuamente los brazos. ¿No es natural —discurría Lamarck— que sus músculos se desarrollen como respuesta a esa necesidad? ¿No cabe, además, que ese aumento de capacidad muscular pueda transmitirlo a sus hijos? ¿No podría explicar esto la transformación gradual, al cabo de incontables generaciones, de los organismos al adaptarse al cambio ambiental? El ejemplo tradicional de la evolución lamarquiana es el cuello de la jirafa. Enfrentada con la escasez de alimento en la árida sabana africana, la jirafa ancestral reaccionó estirando el cuello hacia arriba, lo que, a la postre, conllevó la evolución de la criatura actual. La necesidad dio lugar a una respuesta heredable y, en último término, a una nueva especie.

La contribución de Lamarck a la biología va más allá de la idea de la herencia de los caracteres adquiridos. Fue un sobresaliente taxónomo y biólogo de invertebrados; buena parte de sus clasificaciones continúan siendo válidas hoy día. Además, fue quizá el primer biólogo en subrayar que los sistemas vivos tienden a una complejidad creciente en el transcurso del tiempo. Pero fue su original mecanismo de evolución lo que le valió su reputación. Y también el ridículo —tanto entonces como, con frecuencia; ahora. A principios del siglo XIX, el naturalismo francés más influyente —aparte el mismo Lamarck— era el brillante anatomista Georges Cuvier. Merced a sus exhaustivos estudios de la estructura comparada de vertebrados vivos y fósiles, Cuvier había elaborado sus propias teorías acerca de la pasada historia de la Tierra, radicalmente opuestas a las opiniones de Lamarck (véase el capítulo 6, pág. 78). Sabía los cambios que se dan en la fauna del registro de fósiles y los explicaba en función de catástrofes sucesivas (de las que el diluvio de Noé fue la más reciente) que produjeron extinciones en masa. No recurría a nuevas especies (ni «evolucionadas» ni «creadas») que sustituyeran a las extintas, sino que proponía migraciones e irradiaciones para justificar la sucesión. Cuvier despreció abiertamente la idea de Lamarck de una transformación gradual; en realidad, si la vida ha evolucionado de modo gradual, ¿por qué hay tantas lagunas en el registro de fósiles y dónde están las formas intermedias? Cuvier negaba la existencia de esos eslabones, opinión todavía vigente entre los paleontólogos, y una de las que aún provoca controversias. Por su mayor poder académico, prevaleció el catastrofismo de Cuvier a principios del siglo XIX y Lamarck, con sus ideas, quedó sumido en la oscuridad. Sólo con la aceptación general, a mediados del mismo siglo, de que se había producido la evolución, ascendió de nuevo la fama de Lamarck.

El llamamiento del lamarquismo es claro y trasciende los dominios, en apariencia objetivos, de la ciencia. Si un organismo es capaz no sólo de dar una respuesta efectiva al medio ambiente, sino de transmitir dicha respuesta a sus descendientes, el cambio evolutivo es un proceso dirigido. Un organismo puede adaptarse positivamente a su entorno sin tener

que aguardar, de modo pasivo, una rara, aleatoria mutación que llegado su momento dé en beneficiarle (pues es mucho más probable que le perjudique). Según el neodarwinismo, o para ser más exactos, según la genética mendeliana, el cambio beneficioso o de adaptación de los genes sólo puede provenir de sucesos al azar, de manera que el individuo está condicionado por las limitaciones de sus genes. Subyace en la ciencia una declaración filosófica. No es de extrañar que las ideas de Lamarck, por ser tan fundamentales para cualquier interpretación de la vida, despertaran fuertes reacciones. Y así fue: la historia de la teoría de Lamarck durante el último siglo y medio ha venido siendo un enmarañado relato salpicado de asesinatos de personajes, fraudes —reales o imaginarios— e incluso suicidios. Al menos en Gran Bretaña y Estados Unidos, toda propensión lamarquiana ha sido tachada de excéntrica y desinformada, una manifestación de irremisible romanticismo. Edward Steele, por supuesto, concita tales actitudes con su reciente intento de resucitar a Lamarck.

La teoría originaria de Lamarck suponía dos etapas: primera, adquisición de un carácter nuevo por «necesidad»; segunda, transmisión del carácter a la descendencia. Steele afirma tener pruebas de ambas. Aunque hasta ahora han fracasado varias tentativas independientes de repetir los resultados de Steele, resulta esclarecedor seguir la pista de sus peripecias y la reacción de la comunidad científica a sus controvertidas ideas. Sabemos desde hace más de veinte años que los animales son capaces de aprender un nuevo «ardid» inmunológico si se les enseña muy al comienzo de su vida. Normalmente, todo intento de injertar, o de trasplantar, tejidos de un organismo a otro —incluso mediando estrecho parentesco— fracasa a causa del rechazo del cuerpo receptor. El sistema inmunitario del huésped reconoce como extraño el tejido trasplantado, del mismo modo que podría reconocer un virus de la gripe o una bacteria infectante, y desencadena una reacción de rechazo para desembarazar al cuerpo del material invasor. En realidad, el animal sintetiza moléculas específicas —los anticuerpos— para contrarrestar las sustancias invasoras —los antígenos. Los animales pueden protegerse de las enfermedades mediante este sistema de defensa del cuerpo.

El nuevo ardid, descubierto en la segunda mitad de este siglo, estriba en que las ratas de laboratorio pueden llegar a adquirir la capacidad de tolerar tejidos trasplantados extraños si se exponen a ellos desde una edad temprana. Supongamos que empezamos con dos grupos no emparentados de rata, A y B; si intentamos trasplantar un tejido de un adulto B a un adulto A, se producirá rechazo. Pero si lo trasplantamos de un adulto B a un A joven, entonces ese ratón adquiere la capacidad de tolerar el trasplante, de modo que cuando llegue a adulto no reaccionará adversamente a los tejidos de B (fig. 10).

Una analogía sencilla sería enfrentar a dos personas de mediana edad con un complicado problema de cálculo. Si uno de los individuos no tiene conocimientos previos de matemáticas, desechará sin duda alguna el problema por insoluble. Si el otro recibió una buena preparación matemática en la escuela, lo más probable es que consiga dar una respuesta. Tendría «tolerancia adquirida» al cálculo. Las dos personas tienen quizá el mismo talento para el cálculo, pero no lo han explotado por igual, y de ahí el dispar resultado.

El descubrimiento de la tolerancia inmunológica adquirida reportó el premio Nobel de medicina, de 1960, a sir Peter Medawar y sus colaboradores. Así pues, se comprende que, al conocer las ideas de Steele, Medawar le ofreciera la oportunidad de confirmar y proseguir sus investigaciones en Inglaterra. Steele aceptó.

Steele aseguraba, enérgicamente, haber dado un paso crucial más allá de la tolerancia inmunológica adquirida descubierta por Medawar y sus colaboradores. En un par de artículos escritos en colaboración con Reg Gorczynski en 1980 y 1981, Steele publicó datos que demostraban a las claras que la tolerancia inmunológica adquirida se había transmitido a la descendencia. Se inyectaron células de un grupo de ratones en animales recién nacidos de otro grupo no emparentado; como era de esperar, estos ratones adquirieron tolerancia

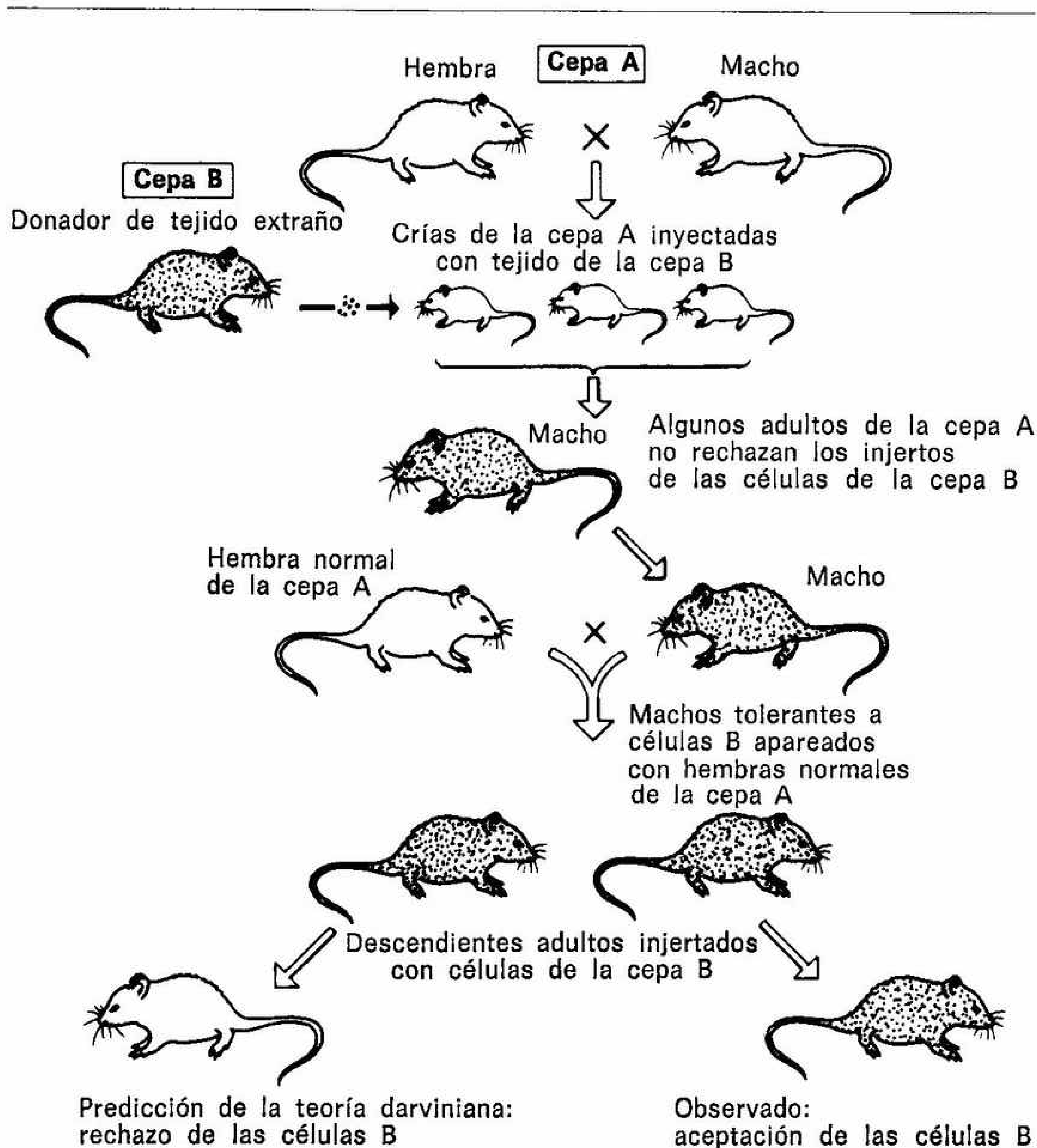


Fig. 10. Experimento de Steele y Gorczynski sobre la herencia de caracteres adquiridos. ¿Se ha transmitido a los descendientes la tolerancia a células extrañas? (según Hitching).

a las células del primer grupo. Los ratones tolerantes fueron criados hasta la madurez y entonces se analizó su descendencia. El increíble descubrimiento fue que los hijos mostraban análoga tolerancia a las células del otro grupo sin haber esta-

do expuestos a tales células. La tolerancia adquirida había sido transmitida a la descendencia, o así lo afirmaban Steele y Gorczynski.

Volviendo a nuestra analogía de las dos personas que luchan con el problema del cálculo, era como si la que podía resolver el problema gracias al aprendizaje previo, hubiera transmitido esta capacidad a sus hijos, que la tendrían automáticamente, sin necesidad de lecciones de matemáticas. ¡Qué padres no desearían un mecanismo así de herencia!

Medawar, así como en seguida todos los expertos en inmunología, andaban alborotados. Esto era lamarquismo. Esto desmentía las leyes oficiales de la herencia mendeliana que nos enseñaron a todos los biólogos en nuestros primeros años. ¿Estaba Steele en lo cierto? De ser así, ¿estaba equivocado Mendel? Durante 1980 y 1981, mientras Steele y varios científicos independientes trataban de repetir los experimentos originales, el mundillo de los biólogos se convirtió en un avispero de reacciones diversas ante las pretensiones de un despertar lamarquiano. Algunos inmunólogos famosos expresaron abiertamente sus dudas acerca de las afirmaciones de Steele, pero todos esperaban con interés los resultados de la repetición de los experimentos.

Desde el primer momento, las hipótesis de Steele a favor de la herencia lamarquiana tropezaron con el profundo escepticismo de los neodarvinistas ortodoxos. Es sencillamente absurdo, por ejemplo, sugerir que la herencia mendeliana sea errónea. La genética moderna marcha y ha marchado durante setenta años, con éxito a partir de que, en lo esencial, Mendel estuvo acertado. Según la genética mendeliana, las características de un ser vivo —como la tolerancia inmunológica— están determinadas por su dotación génica, y ésta queda fijada en la fertilización por la fusión del espermatozoide y el óvulo. No se trata de cambiar de genes a mitad de la vida; en el momento de ser concebidos queda definida, no sólo nuestra propia composición genética, sino también nuestra aportación a la descendencia futura. Nuestros ojos son azules porque nuestros padres los tienen azules; no podemos

empezar con un conjunto de genes y llegar al término de la vida con otro diferente, y mucho menos transmitir un conjunto nuevo de genes a nuestros hijos. Si esto ocurriera, la mayoría de los experimentos de selección con vacas, trigo o rosas, no resultarían, como así ocurre. A lo sumo —reconocerían los mendelianos— el lamarquismo es más una excepción que una regla.

En 1981 y 1982 se publicaron varios artículos en diversas revistas, sobre todo en *Nature*, en que se planteaban reparos al trabajo de Steele. Los experimentos duplicados no lograron descubrir transmisión alguna de tolerancia inmunológica adquirida a la descendencia, con lo que los datos originales de Steele fueron seriamente puestos en tela de juicio. Incluso se insinuó que Steele, quizá sin advertirlo, había seleccionado los datos a favor de su tesis. Otra crítica importante era que, aunque sus resultados fueran cuestionados, las condiciones de los experimentos originales (que entrañaban, por ejemplo, la inyección de decenas de millones de células en ratones recién nacidos, lo que representaba casi una décima parte de su peso corporal) eran tan extremas que convertían cualquier conclusión en inaplicable al mundo real. Se produjo una concertación súbita de actitudes. El mundo de los inmunólogos cerró filas imperceptiblemente ante el turbio intruso y sus seguidores. Después de un corto período de desempleo en el verano de 1981, Steele regresó a Australia, pero sostuvo con firmeza que las nuevas pruebas no desmentían su hipótesis original. Sin embargo, como desde entonces los diversos intentos de repetirlos no han conseguido demostrar ninguna herencia de tolerancia inmunológica adquirida, no hay muchos partidarios de este resurgir lamarquiano.

Todo el episodio protagonizado por Steele está impregnado de una extraña acritud, de una fuerte sensación de *déjà vu*. En 1926, el biólogo austríaco Paul Kammerer llegó a suicidarse por las acusaciones de fraude contra sus experimentos para demostrar la herencia lamarquiana en las almohadillas de las extremidades del sapo partero.

Kammerer, respetado y consumado biólogo experimental, había dedicado la mayor parte de su carrera al estudio de la herencia y sostenía haber descubierto ejemplos convincentes de lamarquismo en varias especies. Los resultados que Kammerer consideraba más decisivos, no tenían que ver con el sapo partero (afortunado poseedor del precioso nombre de *Alytes obstetricans)*, sino con el primitivo tunicado, *Ciona intestinalis*. Este tunicado vive en el fondo oceánico y posee dos sifones tubulares que agita por encima de él, uno para la entrada de agua marina, otro para expulsarla. Kammerer cortó los sifones y descubrió que el animal los reemplazaba por otros más largos, y sostenía que los descendientes heredaban esos tubos más largos. La comunidad científica no aceptó este trabajo, a pesar de que no se realizaron repeticiones exactas de sus experimentos, ni se han vuelto a efectuar desde entonces. Es muy probable que nunca lleguemos a saber si Kammerer cometió en realidad el fraude que motivó su suicidio, pero fue una verdadera lástima haber dejado que una investigación en potencia tan interesante muriera con el hombre.

Entre 1930 y 1940, la reputación del eminente psicólogo William McDougall sufrió un duro golpe cuando aseguró tener pruebas de que las ratas pueden heredar la habilidad adquirida de sortear laberintos; ulteriores experimentos levantaron dudas sobre los resultados. McDougall presentaba a las ratas un laberinto problema y contaba el número de intentos necesarios para aprender la solución. Lo mismo hizo con la descendencia de esos animales, con los descendientes de aquélla, y así sucesivamente, y encontró que disminuía el número de ensayos necesarios para dominar el laberinto, que se prolongó durante quince años y en el cual se puso a prueba a más de treinta generaciones de ratas; los resultados fueron impresionantes. En la primera generación, las ratas cometieron un promedio de más de doscientos errores antes de resolver el problema; la cifra había descendido a unos ochenta en la décima generación, y a menos de cuarenta en la vigésima (fig. 11). A decir verdad, el propio McDougall se mostró decididamente cauto en la interpretación de los resultados:

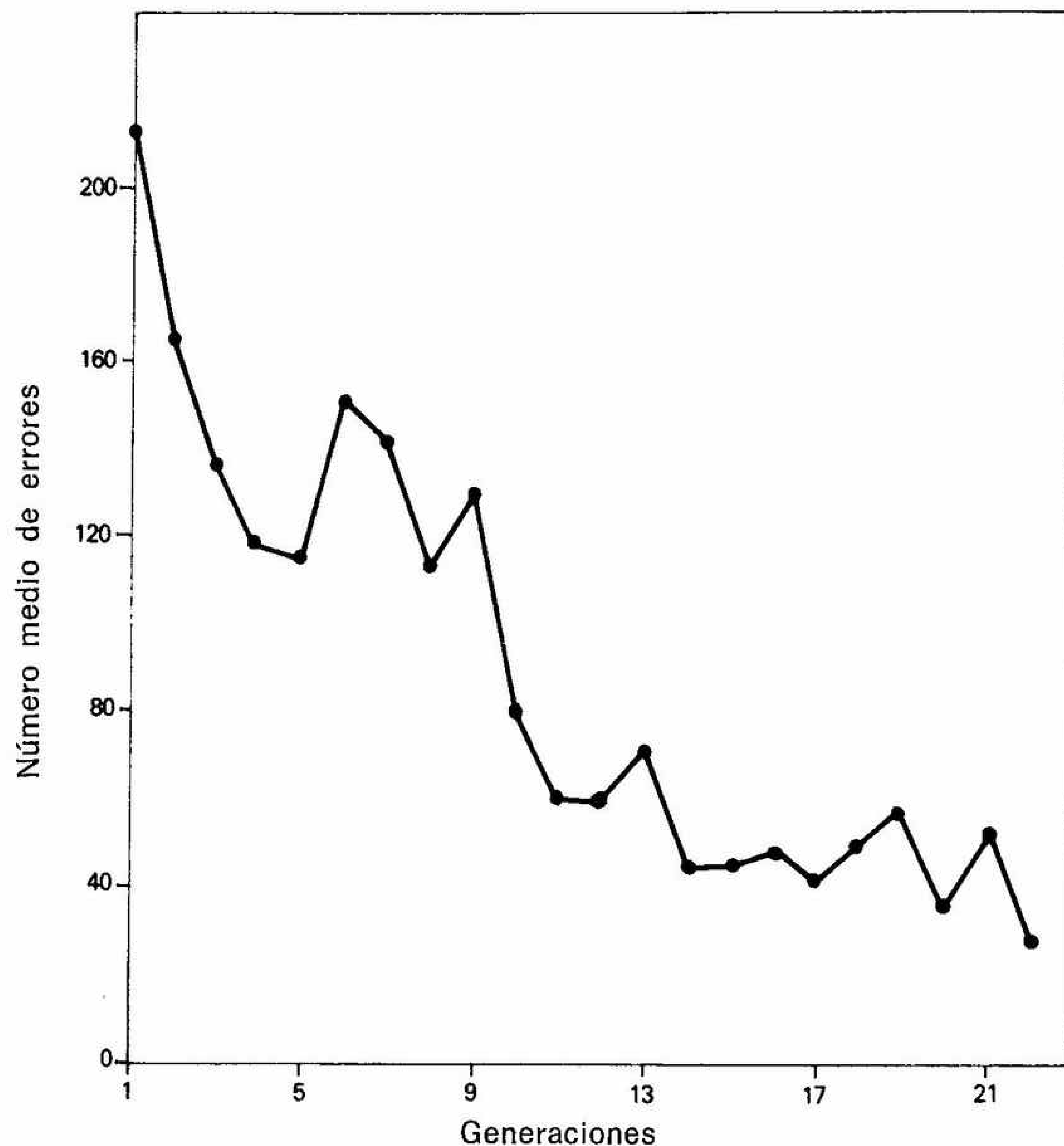


Fig. 11. Número medio de errores en sucesivas generaciones de ratas que sortean un laberinto (según McDougall, 1938).

proponía una transmisión lamarquiana, pero reconocía que podían haber intervenido otros factores, como una selección inconsciente de las ratas más hábiles. Sus colegas fueron menos prudentes. Otros psicólogos hicieron varios intentos de repetir el trabajo y algunos lo consiguieron; sin embargo, se rechazó la interpretación lamarquiana. No se encontró ninguna otra explicación y todavía hoy se espera una (pero véase la hipótesis de Rupert Sheldrake en el cap. 9, págs. 148 a 151).

En fecha más reciente (1940-1960), el desacreditado Lysenko llevó la biología rusa a un callejón sin salida con su ilusión de que la herencia lamarquiana permitiría al trigo prosperar en las yermas estepas. En el caso de Lysenko, sin embargo, el motivo para promover a Lamarck fue claramente político y no científico. Darwin y Mendel habían llegado a representar la ciencia «capitalista», y Lamarck fue considerado más «marxista» en sus planteamientos, es de suponer que debido a las mayores posibilidades que ofrecía el lamarquismo de lograr un cambio controlado (Marx había esperado un cambio controlado, concertado). Cualesquiera que fueran los motivos del ingenuo intento de Lysenko por rehabilitar a Lamarck, el resultado fue un desastre total para ambos, el trigo y la genética soviética: ni uno ni otro crecieron.

Y la extraña historia continúa: en 1974, el inmunólogo estadounidense William Summerlin reconocía haber falsificado el éxito de un injerto de piel de ratón, a fin de convencer a sus colegas de que se puede evitar el rechazo inmune de tejidos extraños, en ciertas circunstancias. Aunque no probaba de manera inmediata la herencia lamarquiana, el trabajo de Summerlin guarda fuerte afinidad con el de Steele, y parece haber buscado el éxito por una razón parecida: ambos estaban convencidos de que era inadecuada la explicación vigente de la respuesta inmunitaria.

Quizá lo más chocante de este asunto es que dista mucho de ser cierto que las investigaciones de este supuesto fichero de embaucadores estuvieran equivocados. Como indicaba, algunos resultados de Kammerer con el tunicado *Ciona* parecen decididamente lamarquianos. Nunca se han repetido. Los experimentos de McDougall reclaman todavía una buena explicación, pues se han reproducido. Y para colmo, recientes investigaciones inmunológicas han llevado a pensar que Summerlin no tenía por qué haberse molestado en falsificar sus resultados: a pesar de todo, es posible que tuviera razón.

Cualquiera que sea la última palabra sobre estos solitarios lamarquianos, la historia subsiste en la sociología de la ciencia como un caso fascinante. Es evidente que detrás de ella yace algo más profundo que la búsqueda objetiva de la verdad. La gente quiere que Lamarck esté en lo cierto.

Por supuesto, una razón para defender a Lamarck es que su explicación del proceso evolutivo es más sencilla que la del neodarwinismo. Según el parecer de Occam —el cual establece que, ante dos explicaciones contrapuestas de un suceso, hemos de adoptar la más simple mientras no resulte impropia—, el lamarquismo es superior precisamente porque es más sencillo. Es un proceso en una sola etapa: el organismo da una respuesta directa al medio ambiente. Para el neodarwinismo, primero, el organismo ha de aguardar una mutación al azar antes de que, segundo, la selección cribe lo bueno de lo perjudicial. Aunque capaz de aclimatarse a los caprichos del medio durante su vida, el ser vivo es impotente al transmitir dicha aclimatación a sus descendientes, porque sus genes no han cambiado. Desde este punto de vista, la adaptación no surgirá sino mediante fenómenos genéticos espontáneos y aleatorios que, sólo así, pueden servir al portador. El antropólogo británico Gregory Bateson ha descrito la dificultad de explicar la adaptación por medio de la tradicional teoría de la mutación/selección.

«La hipotética prejirafa, con el gen mutante «cuello largo», necesitará modificar, además del corazón y el sistema circulatorio, quizá los canales semicirculares, los discos intervertebrales, los reflejos de postura, las estrategias de evasión *vis-à-vis,* los predadores, etcétera.»

BATESON, 1963

En otras palabras, si, por un decir, cinco mutaciones genéticas son realmente necesarias para conseguir una adaptación corporal completa (con la coordinación de nervios, músculos, huesos, circulación sanguínea y linfática, etc.), ¿somos objetivamente razonables esperando que se produzcan las cinco al mismo tiempo y en la misma criatura? En caso contrario,

¿qué probabilidad existe de que una de esas mutaciones, por sí sola, sea de alguna utilidad? Éste es el verdadero escollo de la teoría al uso; si un organismo ha de aguardar, pasivo, a que se produzcan mutaciones al azar para competir, ¿es realista esperar que se presenten de un modo concomitante todas las mutaciones necesarias para conseguir un cambio útil? A buen seguro que no. Si, en la otra mano, una criatura puede responder activamente mientras vive, y luego transmite algo de este «saber» adquirido a sus descendientes, ¿no explicaría ello la coordinación de la respuesta que los organismos requieren para reaccionar con efectividad a un cambio ambiental?

Considerado así, el lamarquismo parece razonable. Más aún, el lamarquismo es razonable. Pero, como ha subrayado Stephen Jay Gould, historiador de la ciencia, al referirse de hecho al lamarquismo: «la tiranía de lo que parece razonable estorba a menudo a la ciencia». Hay una diferencia entre ser razonable y tener razón.

El motivo principal de que cualquier insinuación de lamarquismo tenga que vérselas con los defensores a ultranza de la teoría de la evolución es que se da por sentado que desmiente el «postulado central» de la biología, el cual establece que las células sexuales de un organismo están aisladas de las células somáticas y, por consiguiente, cualquier cambio corporal durante la vida no influirá en la descendencia. Si, por ejemplo, perdemos un brazo en un accidente a la edad de quince años, más adelante no engendraremos hijos sin brazos. Nuestras células sexuales son, por tanto, independientes de nuestro cuerpo. (En el caso de un brazo perdido, esta independencia es, evidentemente, una ventaja.) Algo que los neolamarquianos parecen pasar por alto una y otra vez es que:

«En nuestro anhelo por lo mejor, olvidamos que estamos aduciendo un principio que también exige la herencia de lo peor.»

T. H. MORGAN, 1915

Una interpretación más moderna de este postulado central es decir que la información, en el sentido genético, fluye sólo en una dirección: del ADN al ARN y a las proteínas. El ADN es el material hereditario que, merced al «traductor» intermediario ARN, produce y define los bloques constructivos del cuerpo, o sea, las proteínas. El ADN se transmite de padres a hijos; y en la fertilización, cuando las células sexuales parentales se unen, el ADN del organismo queda determinado. Ni las proteínas corporales ni los cambios corporales pueden influir en el ADN; por tanto, la prueba cianotípica hereditaria está fijada.

El lamarquismo supone que ya no están aisladas las células «sexuales» y «corporales», y que la información puede fluir hacia atrás, del cuerpo al material hereditario, al ADN. En otras palabras, si el lamarquismo es una realidad, el cuerpo puede enviar un mensaje a los genes en que les ordene: «cambiad este trozo de ADN». Análogamente, según la concepción darwiniana, un «maestro» sólo puede enseñar determinadas «lecciones», y siempre las mismas —sean buenas o malas, a lo largo de su vida; para Lamarck, el maestro puede «poner al día» sus lecciones a medida que los alumnos crecen y vuelven para indicarle dónde se equivocó.

¿Es posible que la información fluya hacia los genes? ¿Cómo ocurre en el caso de que fuera así? Cualquiera que sea el resultado lamarquiano que se tenga que defender, éstas serán cuestiones críticas. Steele mantenía que semejante flujo inverso de información es posible y recurría a un virus benigno —un «saco» microscópico de información genética— como transportador. Esto soslaya limpiamente el problema de la transgresión del postulado central de la biología, de la manera siguiente: no se ha dado un flujo inverso de información de proteína al ARN y al ADN, sino que se están transfiriendo trozos enteros de ADN. Supongamos que aparece en el cuerpo una célula mutante y que prolifera porque, por una u otra razón, tiene más éxito que las células normales. Si un virus fuera capaz de intercambiar, en las células sexuales, el pertinente fragmento de ADN celular nuevo por otro del viejo, sería posible la evolución lamarquiana. El virus recogería información del ADN del cuerpo y la transportaría al ADN de las células sexuales, modificando así el material hereditario durante la vida del organismo. El único postulado vulnerado es la vieja idea de que las células corporales y sexuales están completamente aisladas entre sí. No se han rebasado las ideas actuales acerca del flujo de información.

Y en esta historia, no deja de ser una chocante peculiaridad más que esa parte de la hipótesis lamarquiana —el recurso a un virus como transportador de ADN—, que parece tan absurda y traída por los pelos, sea un proceso que sabemos ciertamente que se da.

Es sabido que los virus invaden células vivas y transportan información genética de una criatura a otra. En fecha reciente, incluso se ha sugerido que dichos virus pueden vivir como parásitos en el ADN de organismos superiores, y de este modo contribuyen a justificar los genes «egoístas». Como señalaba Howard Temin, el primero en atribuir tal función a los virus:

> «En casos extremos, podríamos imaginar un producto de la evolución de los protovirus infectando la estirpe germinal (reproductora), integrándose en ella e interesando por esta vía a los organismos de la progenie.»
>
> TEMIN, 1971

Existe un reciente y curioso ejemplo de cómo podría realizarse dicha transferencia; se trata de una observación que, se explique como se explique, está llamada, en último término, a meter un palo en la rueda evolucionista.

Era un hecho sabido hace años, que de las raíces de la soja fluye un líquido rojo que contiene una hemoglobina muy parecida a la hemoglobina animal portadora de oxígeno. El color rojo se debe a la presencia de hierro (*hemo* significa hierro) en la molécula del pigmento. La similitud es asombrosa: si cortamos la raíz de la soja, rezuma «sangre» roja, y tanto en la soja como en los animales la hemoglobina lleva oxí-

geno a los tejidos. En 1981 se hizo el asombroso descubrimiento de que esta hemoglobina de legumbre no sólo tenía el aspecto y actuaba como su equivalente animal, sino que el ADN que la codifica es idéntico al gen de los animales.

Teniendo en cuenta que, hasta donde llegan nuestros conocimientos, no existe hemoglobina en ninguna planta aparte algunas leguminosas como la soja, sólo caben dos posibilidades para explicar su presencia: o casualidad, o transferencia «horizontal» a partir de un animal. La semejanza de estructura, que por cierto es muy compleja, parece demasiado notoria como para que se trate de una mera coincidencia, pero, ¿cómo podría una planta adquirir un gen animal? Una posibilidad apuntada por el doctor Alec Jeffreys, de la Universidad de Leicester, es que un virus transportara genes de un animal —quizá, en descomposición en el suelo— transfiriera el gen completo de la hemoglobina a las raíces de la soja, y éste llegara a incorporarse al ADN de la planta. Ello no implica que el virus actuara así en beneficio de la soja o del animal; podría haber sido una transferencia neutra o, simplemente, ventajosa para el propio virus. Todo es pura especulación, pero, ¿quién tiene una explicación mejor?

Es cierto que, al menos hasta ahora, las pruebas a favor del lamarquismo son débiles y sospechosas. Aunque se repitieran con éxito los experimentos de Steele o, si vamos a eso, los de Kammerer, subsiste el hecho de que son tan extremas las condiciones de laboratorio necesarias para obtener siquiera una dudosa respuesta, que apenas guardan relación con la vida de los organismos en su medio natural. Y caso de que se confirmara tal herencia lamarquiana, estaría llamada a ser más excepción que norma, a causa de la abrumadora evidencia a favor de la herencia mendeliana tradicional.

Existen, sin embargo, al menos dos aspectos en que el pensamiento genético imperante —y el neodarwinismo al uso— ha sido innecesariamente pagado de sí mismo y estrecho de miras.

T. H. Morgan, el principal genetista estadounidense de la primera mitad de este siglo, fue el primero en trazar el paralelismo entre evolución «orgánica» y evolución «cultural». La evolución orgánica atañe a la transformación de los seres vivos en el transcurso del tiempo, mientras que a la cultural corresponde la transformación y creciente complejidad de la cultura del ser humano con el correr del tiempo. La evolución cultural, si bien no es en absoluto evolución en el sentido darwiniano, es, sin duda, análoga y palmariamente lamarquiana en su mecanismo. Podemos heredar las disposiciones sociales adquiridas de nuestros antepasados. Para Isaac Newton, la trigonometría era el remate de su educación universitaria en matemáticas; hoy día, la trigonometría ya se enseña en la escuela y es un requisito previo para el acceso a la universidad. Culturalmente, hemos heredado el saber adquirido de Newton. Pero incluso en el dominio medio orgánico/medio cultural del instinto y el comportamiento, ¿no es más fácil concebir «planes de acción adquiridos» que la aparición súbita, aleatoria de algún carácter aislado? Varios neodarwinistas de pro han cedido en este punto, al suponer que los cambios de comportamiento aprendidos pueden predisponer a un animal a ciertas mutaciones y contribuir así a acelerar la adaptación. Así pues, al menos en el ámbito de la evolución cultural, Lamarck estaba en lo cierto. ¿Podemos culpar al denostado Lamarck, y a algunos de sus discípulos, de ver quizá una metáfora cultural en el mundo de la naturaleza?

Un segundo aspecto en que los neodarwinistas son demasiado cortos de miras interesa a lo que se conoce —o mejor dicho, a lo que no se conoce— acerca de la herencia. Aunque los resultados de Steele fueran irrepetibles, no existe ninguna razón teórica para pensar que su hipótesis sea errónea. Es perfectamente imaginable que tal transmisión de caracteres pudiera producirse. La reacción refleja contra sus ideas —casi desde el principio— fue más que impulsiva. Son reales las posibilidades de transferencia horizontal de información genética mediante, por ejemplo, virus: la hemoglobina de la soja puede ser el resultado de un fenómeno de este tipo. Esto no será lamarquiano en sentido estricto, pero desde luego tampoco es mendeliano.

De igual modo, algunas de las últimas investigaciones sobre las secuencias repetitivas de ADN, recién descubiertas (como el trabajo de Dover; véase el capítulo 5, págs. 73-75) ponen de relieve incoherencias en la teoría genética vigente. La rapidez con que parecen propagarse las replicaciones, no sólo en el ADN de un organismo sino también en sus poblaciones, no es consecuente con las sencillas leyes mendelianas. Dado que ahora se considera que estas omnipresentes replicaciones son posiblemente decisivas para la determinación de las barreras interespecíficas —en otras palabras, decisivas para el origen de las especies—, la hipótesis de una transmisión no mendeliana es todo una bofetada para la usual teoría de la herencia.

En resumen, «hay más cosas en el cielo y en la tierra...» que las soñadas con el simple, mecanicista modelo de herencia propuesto por Mendel y adoptado mayoritariamente por los neodarwinistas. Mientras que las reglas básicas son de probada aplicación, hay aspectos apasionantes de la herencia que desmienten y amplían la vieja historia.

9. ¿PUEDEN LOS GENES FORMAR CUERPOS?

«*Omnes ab ovo:* todo proviene del huevo.»

WILLIAM HARVEY, 1651

Si se contempla la teoría de la evolución como un rompecabezas en que los diversos componentes de la naturaleza, como la geología o la genética, han de encajar, entonces la biología del desarrollo es la mayor de las piezas que faltan. Son lastimosamente escasos nuestros conocimientos acerca de los procesos mediante los cuales un simple huevo fertilizado origina células diferentes, luego tejidos y órganos y, por último, una completa máquina integrada; la investigación del desarrollo está todavía en pañales. No ha de sorprendernos, por tanto, la inexistencia de una teoría aceptada del desarrollo. Lejos de ello, la propia historia de las ideas acerca de la embriología y la ontogenia (es decir, la trayectoria completa del desarrollo desde la concepción hasta la muerte) es un catálogo de términos semimísticos y teorías falsas.

Si ya es lamentable para la biología en general este vacío en nuestros conocimientos supone un obstáculo muy grave para la teoría de la evolución en particular. La biología del desarrollo es capital para la evolución porque tiende un puente sobre el abismo entre dos campos totalmente separados: la genética y la biología del «animal entero»; abismo que se nos presenta como una especie de tierra de nadie entre el «genotipo» y el «fenotipo», entre los ingredientes de un plato

y el propio plato acabado. El desarrollo es la receta que convierte un saco de genes en un elefante, un caracol o un roble. Esta falta de conocimientos tiene singularmente importancia en relación con la teoría de la selección natural, porque, si bien la selección ha de operar sobre los fenotipos, sobre los «productos acabados», el grueso de la teoría se basa en los genotipos, en los «ingredientes». Las ideas darwinianas se fundamentan en que difiere la capacidad de los organismos para competir, para sobrevivir y reproducirse. Pero, generalmente, la teoría en sí se expresa en función de los genes que se supone subyacen a toda forma exterior del organismo. El problema estriba en que, de momento, no tenemos una imagen coherente de cómo los genes se convierten en seres vivos, de cómo los genotipos llegan a ser fenotipos. Y mientras no se conozca la relación exacta entre genes y «fenes», la teoría de la evolución continuará siendo especulativa e inverificable.

> «Los genetistas de poblaciones, en su entusiasmo por afrontar los cambios de frecuencia génica inherentes a los cambios evolutivos, suelen olvidar que lo que en último término ha de explicarse es la multitud de sutiles cambios de tamaño, forma, comportamiento e interacción con otras especies, que constituyen la materia prima real de la evolución.»
>
> LEWONTIN, 1974

El desarrollo representa el eslabón perdido entre esos dos elementos. Así pues, ¿qué es el desarrollo?

Un huevo fertilizado es una célula. Una criatura relativamente simple como el caracol, está compuesta de centenares de millones de células diferenciadas en docenas de tipos celulares con funciones distintas: células hepáticas, musculares, cerebrales, etc. Con la palabra desarrollo se definen los procesos por los cuales una célula se convierte en millones de células que actúan de manera coordinada y armoniosa. Al principio, la célula se divide en dos, luego en cuatro, en ocho, todavía indiferenciadas. A la postre, esta pelota de tenis celular, en expansión, empieza a cambiar de forma, a vaciarse por dentro o a invaginarse por un lado. Después resultan evidentes las diferencias entre las células y las regiones empiezan a asumir un carácter propio. Dichas regiones marcan los comienzos de los futuros huesos e intestinos, músculos y nervios (fig. 12).

En las primeras etapas, los embriones de muchos animales se parecen: una salamandra de dos semanas es casi indistinguible de un pollo o de un ser humano de igual edad. A medida que progresa el desarrollo, el embrión se diferencia más y más en clases de células y estructuras corporales, al tiempo que se hacen más patentes los caracteres que en la vida adulta permitirán el reconocimiento instantáneo del «tipo». El desarrollo normal de determinado organismo sigue siempre el mismo curso, el cual es en extremo estable y resis-

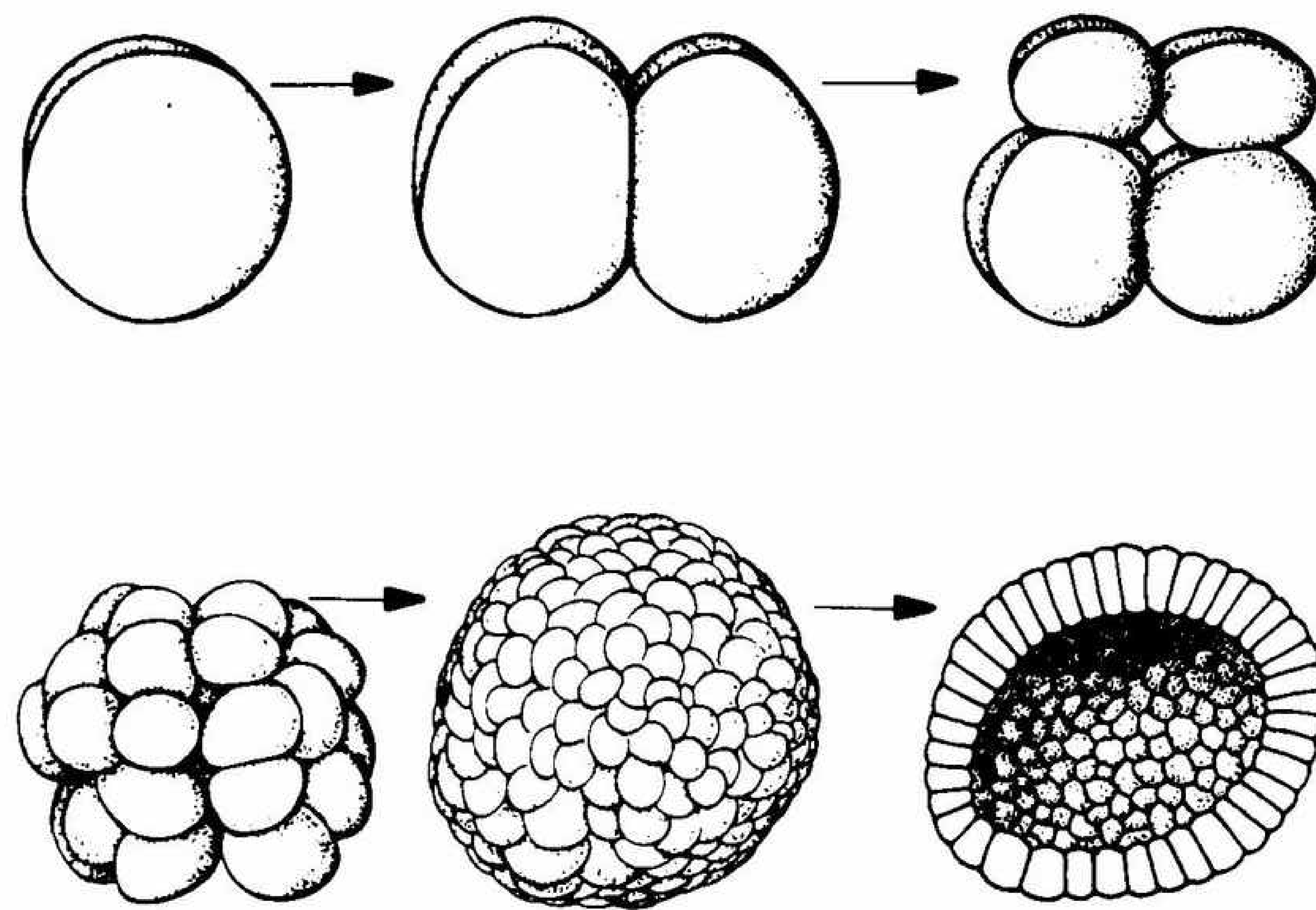


Fig. 12. Primeros estadios de la formación de un embrión. A medida que las células se multiplican, el embrión adopta diferentes formas (según Cerfontaine y Conklin).

tente a las condiciones externas. Una alteración grave, como una herida, puede incluso ser superada y reparada, siempre y cuando se produzca en una etapa temprana. Por consiguiente, en el desarrollo existe regularidad y flexibilidad. Una vez en movimiento, resulta difícil perturbar los procesos que convierten el huevo en un organismo adulto.

¿Qué o quién controla este proceso? Una célula individual produce a la larga millones de células, y cada una de ellas desempeñará distinta función en el cuerpo. Esta «cadena de producción» de vida muestra un orden y una complejidad increíbles; ahora bien, ¿dónde están las instrucciones? ¿Cómo sabe determinada célula si se ha de convertir en muscular o en ósea? ¿Qué determina el intrincado pliegue y despliegue del embrión? ¿Dónde está la prueba cianotípica del diseño corporal, si es que existe?

No obstante lo mucho escrito sobre embriología descriptiva —que se remonta a los griegos—, todas estas preguntas clave esperan todavía una respuesta convincente, y son precisamente éstas las que interesan a la evolución. Si el conocimiento de la diferenciación celular es el quid del desarrollo, entonces hemos de descubrir el de la diferenciación. ¿Son suficientes los genes como prueba cianotípica para la formación de cuerpos? Ésta es la cuestión.

Lewis Wolpert, el principal biólogo británico del desarrollo, ha realizado aportaciones significativas para comprender el crecimiento. Si comparamos un hombre y un chimpancé, señala Wolpert, parecen bastante distintos; en cambio, comparten los mismos ingredientes en cuanto a tipos de células. Uno y otro poseen unos doscientos tipos celulares, idénticos para ambos. La única diferencia es que son distintas tanto su organización espacial como las reglas que establecen qué células se han de convertir en nervio, músculo o hueso. Si pudiéramos descubrir qué determina que una célula se transforme en hueso, o en músculo, habríamos recorrido cierto camino en nuestros conocimientos acerca del desarrollo. Wolpert ha propuesto un modelo de organización espacial basado en la posición de cada célula.

Imaginemos la bandera francesa con sus franjas verticales de colores rojo, blanco y azul. ¿Cómo podría una «célula» —una parte minúscula— de la bandera saber qué color ha de adoptar en la bandera «embrionaria»? Una manera sería que el color estuviera determinado por la posición. Supongamos que en el lado izquierdo de la bandera se segrega una sustancia X. Su concentración disminuirá gradualmente, de izquierda a derecha, con la distancia al punto de secreción. Si las «células» de la bandera fueran sensibles a dicha sustancia X, entonces, en función de la concentración de X, la célula podría interpretar su posición y volverse roja, blanca o azul. De este modo, una célula programada para reaccionar a altas concentraciones de X se volvería azul, mientras que una programada para concentraciones bajas se volvería blanca, y así sucesivamente. Mediante concentraciones extremas que actuasen como interruptores sobre las células, resultaría la bandera francesa (fig. 13).

Los gatos siameses ofrecen un tosco ejemplo de «información de la posición» en la naturaleza. Estos gatos tienen, por lo general, el pelambre pálido salvo en las extremidades —las garras, las puntas de las orejas y la cola— que son oscuras. Son, además, las partes más frías de la anatomía del gato, y ello —se adivina— no es mera coincidencia. El color pálido se debe a un pigmento que sólo se sintetiza por encima de una temperatura umbral (que es, *grosso modo,* la temperatura corporal del gato). Las extremidades nunca la alcanzan, de manera que se oscurecen porque no se puede sintetizar el pigmento: la posición ha determinado el color.

La teoría de la información de la posición parece en demasía burda para explicar los complejos procesos tridimensionales del cambio embrionario; sin embargo, no deja de ser el mejor enfoque que los biólogos del desarrollo han propuesto hasta ahora. La idea es que hay activadores químicos que se difunden por los tejidos embrionarios, con lo cual informan a las células de su paradero. Las células están genéticamente programadas para reaccionar de diferentes maneras a las concentraciones químicas, y esto, prosiguiendo con la analo-

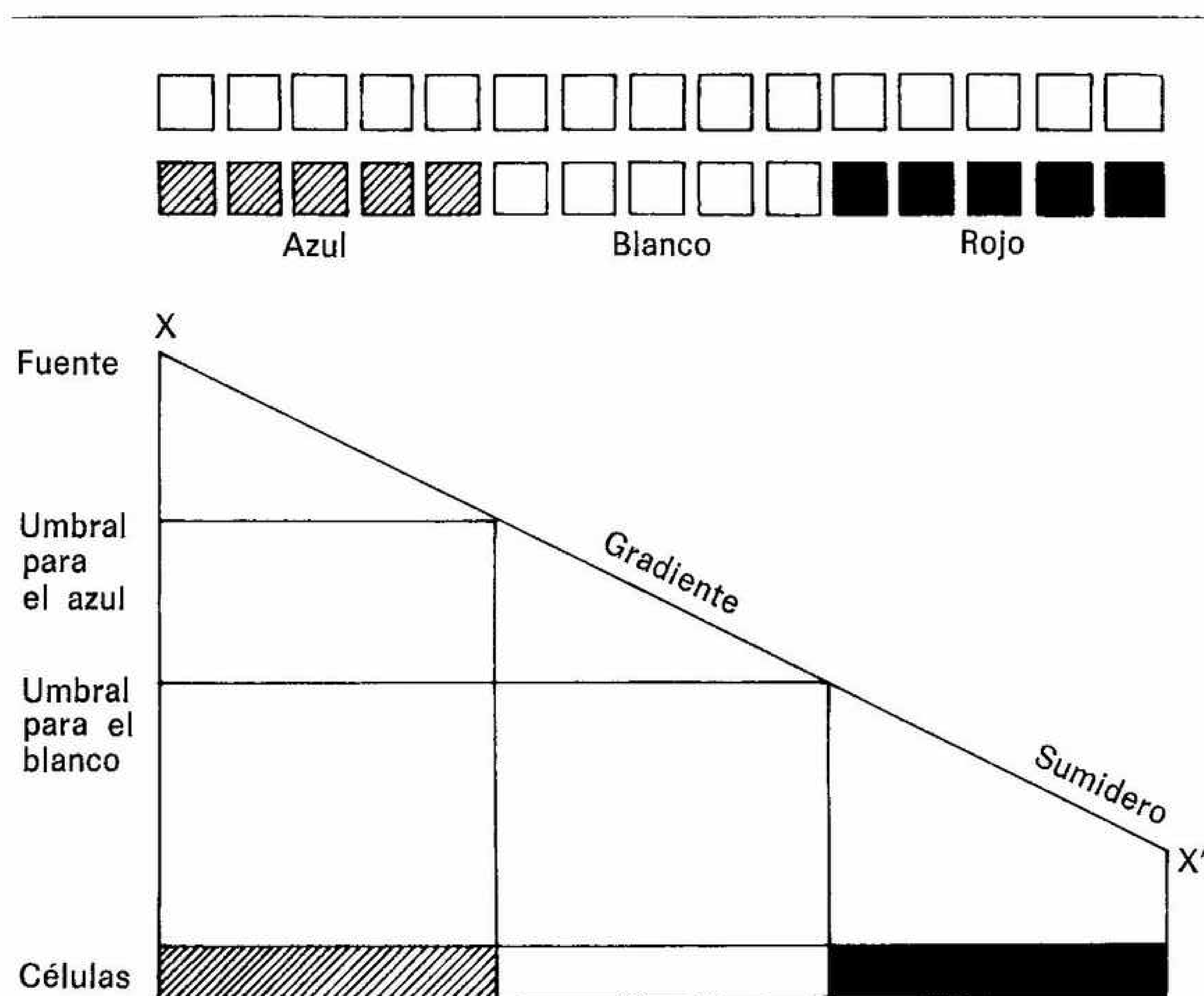


Fig. 13. Cómo puede organizarse una hilera de células, capaces de diferenciarse en los colores azul, blanco y rojo, para formar la bandera francesa. Un gradiente de un producto químico difusible proporciona la información de la posición. La fila superior representa las células indiferenciadas.

gía de la bandera, hace que las células se vuelvan rojas, blancas o azules. Las células saben en qué se han de convertir «leyendo» los productos químicos de su entorno. Los genes de un organismo están programados de modo que, para determinada combinación de productos químicos, cada célula sabe si se ha de transformar en nervio, hueso o cerebro.

Se han realizado complicados experimentos para demostrar esta idea, y de momento hay que ser cautelosos con los resultados. Por ejemplo, una célula —o grupo de células— trasplantada se comporta como sería de esperar si interpretara la posición: una «célula» embrionaria roja, trasplantada a

una franja azul, llegará a ser azul y viceversa. Como señalaba Wolpert, existen ahora «... pruebas sólidas de que en la información de la posición está la base del modelo de formación de toda una gama de organismos».

La dificultad de esta teoría estriba en que, de hecho, vuelve a abrir nuevos interrogantes. Si las células pueden interpretar su posición, ¿cómo lo hacen? ¿Es un mecanismo determinado genéticamente? ¿Cuáles son los compuestos químicos responsables de proporcionar dicha información? ¿Cómo pueden las células registrar y recordar su posición? Wolpert cree que el programa de base es genético, que los genes codifican las moléculas activadoras y que, análogamente, los genes interpretan la posición. Defiende que los genes programan el desarrollo, de modo que éstos no sólo facilitan los elementos para formar el cuerpo, sino también las instrucciones para montarlo. Aunque no tiene reparo en admitir que nuestros actuales conocimientos de genética son insuficientes para explicar el desarrollo (suya es la frase: «la lógica del genoma es un libro cerrado»), en este camino busca una solución.

A pesar de que esta sencilla explicación es coherente con lo observado, muchos biólogos del desarrollo opinan de que en embriología no todo es información de la posición. En primer lugar, las propiedades fundamentales del desarrollo —regulación y flexibilidad— aparecen también en los organismos unicelulares. Puesto que según Wolpert, la célula es la unidad fundamental del desarrollo, el hecho en cuestión es un claro inconveniente para su hipótesis, pues sugiere que tal vez la causa inherente no sean las células leyendo su posición. ¿Por qué habría de darse esa misma lectura en el interior de una criatura unicelular?

Esa determinación genética del desarrollo implica una rigidez que no se observa en la naturaleza, y constituye otro pero a las ideas de Wolpert. Cuando un hueso, como el fémur, se fractura accidentalmente durante la vida de un animal, se recompone a menudo de forma anómala. Las células del hueso así como los músculos, nervios y tendones correspondientes pueden crecer de nuevo y acomodarse al cambio

a fin de producir una estructura ósea algo distinta, aunque ciento por ciento funcional. Pero, ¿cómo «saben» las células de qué manera se han de acomodar y volver a situarse para construir la nueva extremidad? ¿Se daría semejante plasticidad si la posición fuera la clave del desarrollo y los genes la de la posición? Y, en resumidas cuentas, si se acepta que los genes no cambian durante la vida, ¿cómo pueden cambiar sus mensajes?

Las transformaciones del embrión, la extraordinaria repetibilidad en el seno de la especie, la plasticidad para superar las perturbaciones, todo ello contribuye a crear una sensación de respeto casi místico ante el fenómeno. Cortamos un platelminto en tres y cada parte regenerará un platelminto completo; extraemos el cristalino del ojo de un tritón y el tejido circundante producirá un cristalino nuevo (fig. 14); arrancamos la pata a un insecto y regenerará una pata nueva. A decir verdad, resulta difícil imaginar que los genes se bastan por sí solos para llevar a término todas estas funciones: ser los elementos de la construcción, ser además las instrucciones para montarlos, y ser encima capaces de regenerar partes

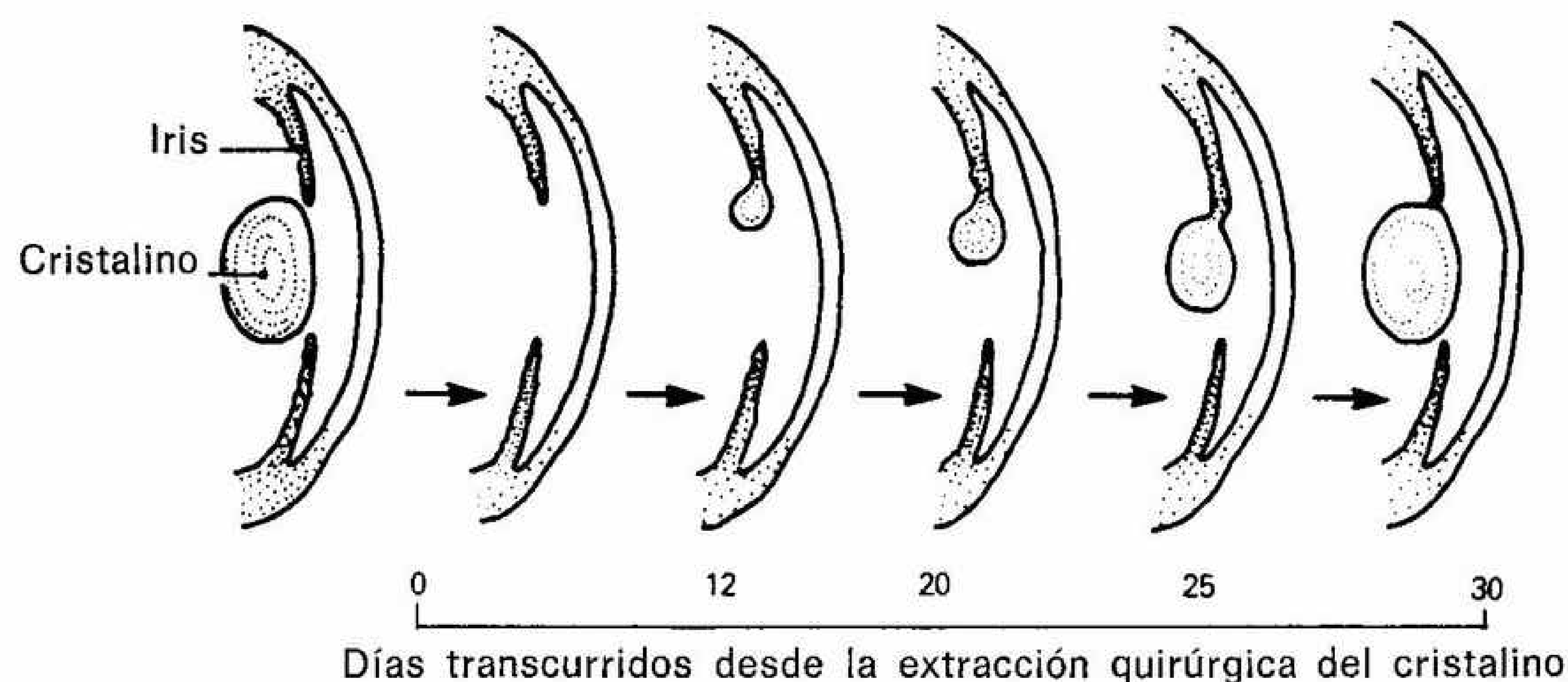


Fig. 14. Regeneración del cristalino a partir del margen del iris en el ojo de un tritón, después de la extracción quirúrgica del cristalino original (según Needham, 1942).

perdidas y de reparar daños. Es como si el organismo tuviera una unidad, una integridad que trasciende las partes reducibles que lo componen.

Tal unidad está condenada a chocar con el neodarwinismo reduccionista, que trata continuamente de explicar el todo en función de la interacción —como si fuera una máquina— de los componentes más simples. Según el neodarwinismo, los genes son, en último término, capaces de construir, programar y reparar huesos; de modo parecido, al cabo de muchas generaciones, la selección puede cambiar los genes para incrementar la supervivencia. Todas las gradaciones de forma son, por consiguiente, posibles en teoría, y sería factible jugar con las partes para modificar a voluntad la apariencia aquí y allá. Sin embargo, las observaciones de la naturaleza no apuntan en este sentido. Antes bien, tropezamos una y otra vez con la unidad e integridad del organismo en conjunto, con su resistencia al cambio, a pesar del mundo exterior. Además, los cambios no parecen presentarse poco a poco; da la impresión de que se producen de forma coordinada, desafiando toda explicación a la base de saltos simples, escalonados.

Tomemos un ejemplo de los vehículos de motor. Los motores de automóvil son ridículamente sencillos en comparación con las complejas interacciones de los organismos más primitivos; así y todo, ¿cabe alterar un aspecto, uno solo, de ese motor sin cambiar también otros? Hasta la más nimia modificación de ciertas características —alargamiento de las bielas de los pistones, estrechamiento de los cilindros, variación del ritmo de encendido— puede causar un serio daño, a menos que la acompañen otras respuestas coordinadas.

«La lección inmediata que se desprende de todo esto, es que los organismos no son trozos de masilla indefinidamente amoldables en cualquier dirección, en etapas infinitesimales; son, mejor, estructuras complejas y elásticas, dotadas de innumerables limitaciones y posibilidades... La unicidad orgánica siempre se trató con muchas palabras insustanciales; pero de manera sutil, aunque persuasiva, el

riguroso darwinismo de épocas recientes nos ha animado a desechar esta verdad y a ver en el desarrollo, fundamentalmente, una fuente de variantes exiguas, aleatorias, ilimitadas, que constituyen sólo la materia prima y hacen de la selección natural la única fuerza directora de la evolución. Este sutil enfoque explica por qué tantos embriólogos excelentes, desde Berrill a Waddington, nunca se sintieron a gusto con la síntesis moderna.»

GOULD, 1981

Esta manifiesta incompatibilidad entre el neodarwinismo y la embriología queda mejor ilustrada por la idea de «limitaciones» propuesta por Gould (véase también el capítulo 4, pág. 44). Si estudiamos tipos celulares, órganos, o incluso organismos completos, todos encajan en clases bien definidas. Hay células musculares, células nerviosas y células óseas; hay corazones, cerebros y fémures; gatos, perros y ratones. Esto implica, puesto que no hay eslabones, que no son viables todos los tipos de célula, o de órgano, que de todas las variedades con posibilidades de existir, sólo algunas lo consiguen. ¿Por qué? ¿Por qué no hay células intermedias entre, pongamos por caso, la piel y el músculo; por qué no hay órganos intermedios entre el corazón y el cerebro?

Según el neodarwinismo, esos huecos o lagunas corresponden a variantes que no se adaptaron y fueron eliminadas por la selección natural. En otras palabras, aunque todas las variantes son posibles, sólo una pequeña proporción mejora el funcionamiento del organismo, y ésos son los tipos celulares, órganos o especies que vemos a nuestro derredor. Hay, sin embargo, otra explicación que está ganando credibilidad entre los biólogos del desarrollo, explicación que propone que no todas las variantes pueden existir, que los huecos significan «restricciones» en el desarrollo.

¿Qué es una limitación?: es una influencia coercitiva que actúa sobre el conjunto de trayectorias posibles; una fuerza que acota el resultado de determinado proceso. En términos de desarrollo, ¿sería posible que la explicación de esos huecos fuera que dichas formas no logran existir, simplemente, a causa de las leyes físicas y químicas que gobiernan el desarrollo? A modo de ejemplo, consideremos un interruptor de la luz; la mayoría de los interruptores son del tipo «encendido-apagado», de manera que cuando empujamos la palanca de «encendido» a «apagado», se produce un salto repentino, pues el interruptor cambia de estado. Semejante interruptor tiene un número limitado de posiciones en los dos extremos; no existe ninguna posición intermedia estable. No es como si todas esas posiciones intermedias hubieran existido en otro tiempo y acabaron eliminadas por preferencias. El propio diseño del interruptor conlleva que las posiciones intermedias no puedan existir.

Contemplemos de nuevo las máquinas como una analogía: imaginemos que alguien quiere aumentar la potencia de un vehículo de unos cuantos caballos de vapor a muchas toneladas de empuje. En el extremo inferior de la escala, el sencillo motor de motocicleta, de dos tiempos, es el más eficaz, pero a medida que aumentamos la demanda de potencia, el motor óptimo es uno de cuatro tiempos con seis u ocho cilindros. Más potencia todavía exige el abandono del motor de combustión interna y la construcción de una turbina de aletas giratorias; por su parte, los cohetes de la NASA son diferentes: están impulsados por combustible de elevada energía, sin apenas elementos móviles. No existe una transición gradual entre el motor de dos tiempos y la turbina. Cada una de las máquinas fue ideada para una función diferente, y no hay modo posible de que manipulando la de dos tiempos se convierta, a la postre, en un cohete lunar: tienen puntos de partida y de llegada por completo distintos. Una vez emprendida la construcción de una turbina, nuestras posibilidades están fuertemente coartadas por las leyes de la metalurgia, de la química y la física.

Hace cincuenta años, el impar C. H. Waddington propuso la idea de que el desarrollo podría estar canalizado en determinadas vías, acotadas por las leyes físicas de las construcción y el diseño; acuñó asimismo el término «paisaje epigenético» *(«epigenetic landscape»)*, con el que quería significar la

analogía que a su entender existía entre el desarrollo y el movimiento a través de un paisaje montañoso. Una pelota rodando por él, sólo podrá adoptar limitado número de trayectorias, a causa de la distinta forma de las montañas y de los valles (figs. 15 y 16).

Lo importante de esta metáfora es que nos permite visualizar dos elementos cardinales del desarrollo: la regularidad y la flexibilidad. Cualquier pelota puesta en movimiento en un mismo punto del paisaje, acabará en el mismo sitio. Así pues, el terreno determina el punto de llegada, que se alcanzará una y otra vez. Al mismo tiempo, el sistema es resistente a las perturbaciones menores. Si desplazamos ligeramente la pelota mientras rueda por un valle abrupto, en seguida recobrará su posición normal, porque la gravedad tirará de ella. La pelota, por tanto, no tiene ilimitada libertad para desplazarse por donde desee; su trayectoria está estrechamente fijada por el paisaje. Sólo una perturbación fuerte llegaría a modificar su recorrido. En ciertos puntos, claro está, la fuerza necesaria para cambiar de trayectoria puede ser bastante pequeña; en una cabecera de valle donde exista una bifurcación, un ligero empujón sería más que suficiente para marcar la diferencia entre rodar por un valle o por el contiguo. ¿Podría ser éste el tipo de proceso que conduce a la diferenciación del macho y la hembra, o de la célula muscular y la célula nerviosa?

El paisaje epigenético es una herramienta conceptual útil para tratar de comprender el desarrollo, porque ayuda a visualizar las propiedades de regulación, plasticidad y limitación. Según Waddington, el paisaje está directamente determinado por los genes; la interacción de los productos génicos

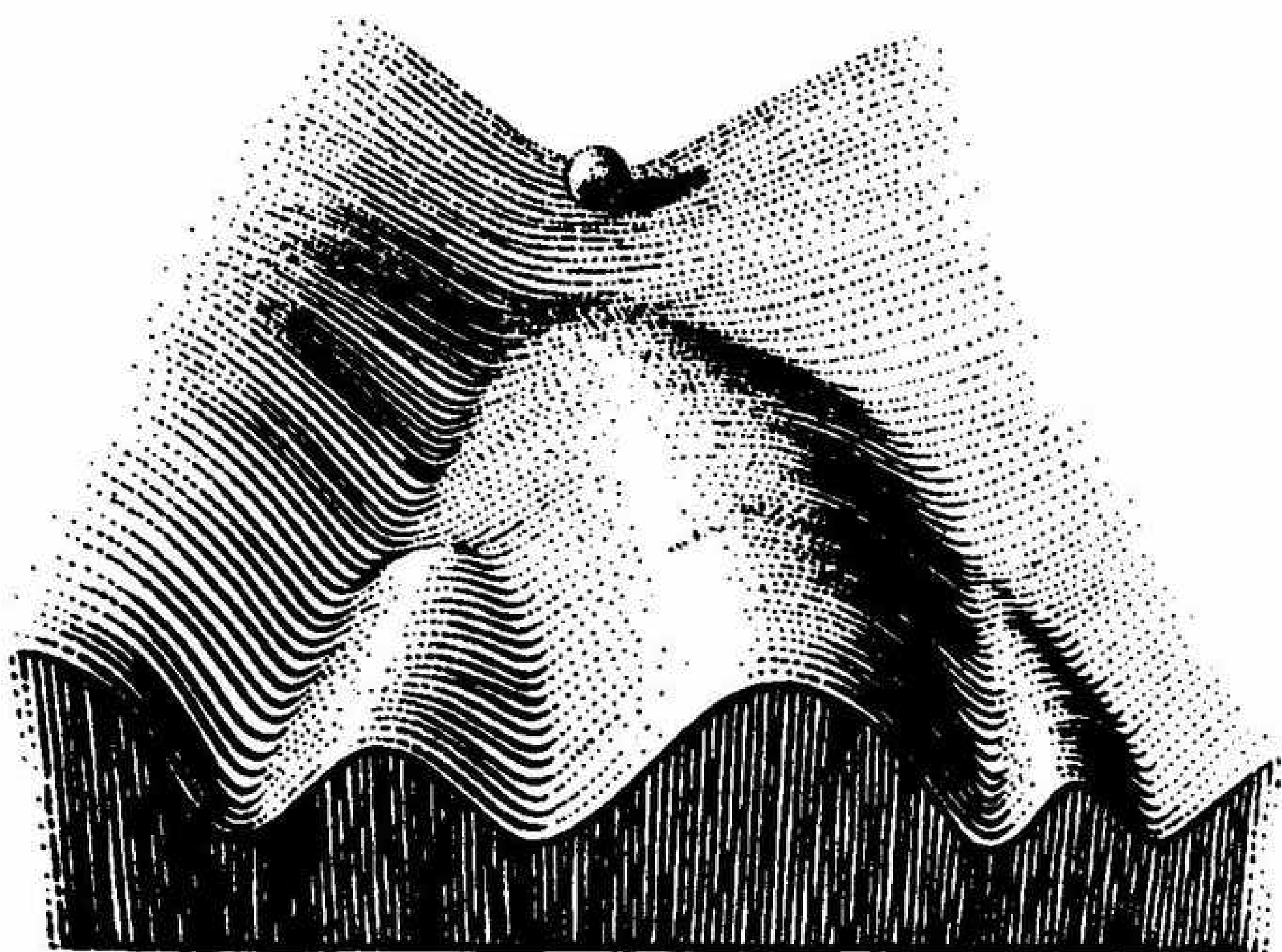


Fig. 15. Sección de un paisaje epigenético. Las montañas y los valles constituyen limitaciones al desarrollo que obligan a la pelota a adoptar un número restringido de trayectorias (según Waddington, 1957).

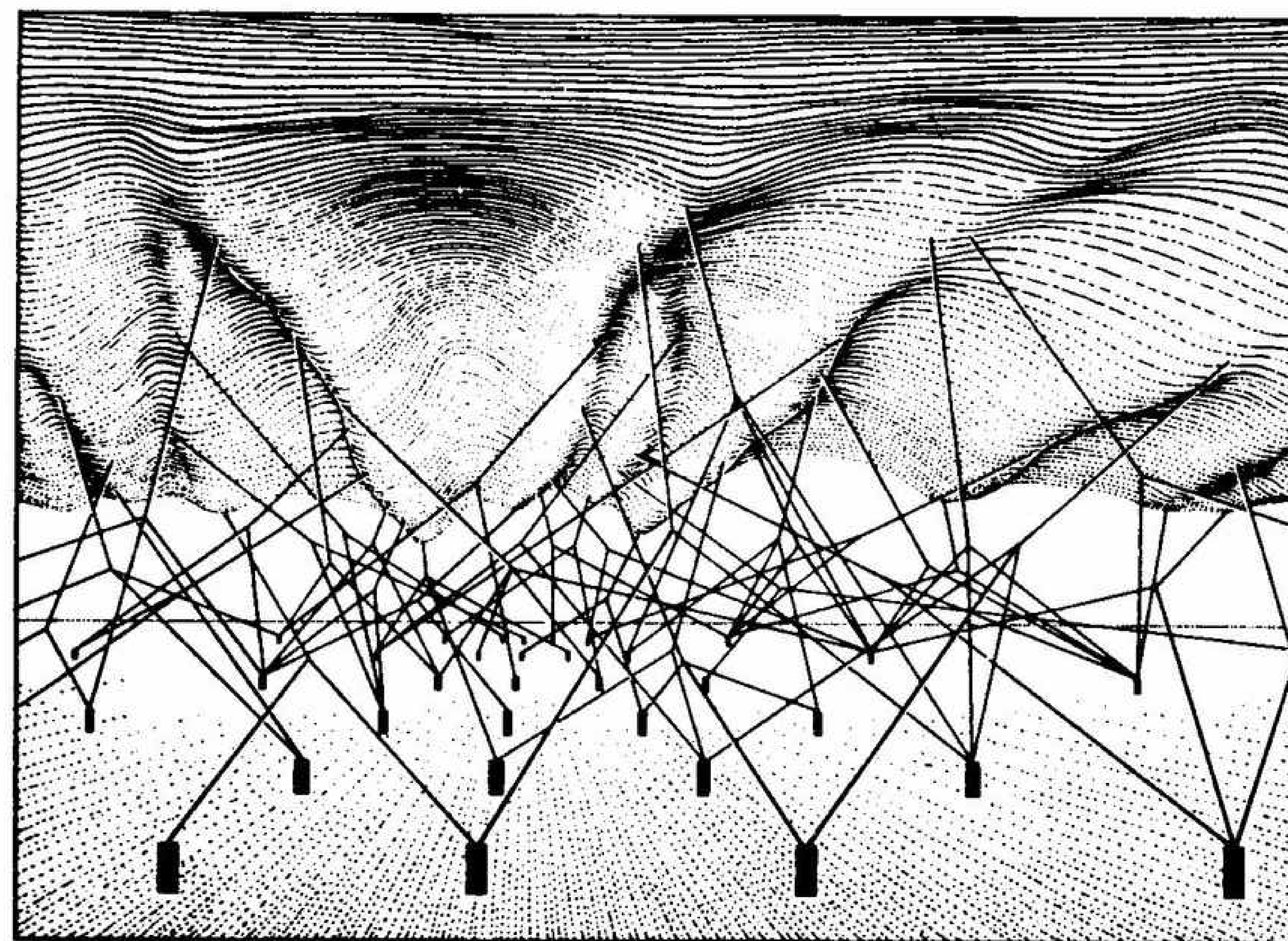


Fig. 16. Complejo sistema de interacciones que sirve de base al paisaje epigenético. En realidad, los genes actúan como vientos para darle forma (según Waddington, 1957).

define las montañas y valles del crecimiento, y a la par, las limitaciones y posibilidades del desarrollo. Por consiguiente, las limitaciones son zonas de paisaje no transitables, en razón de las propiedades físicas y químicas del embrión en desarrollo. La selección no ha eliminado los «huecos» de forma, esos casos que nunca se ven: pura y simplemente, no podían existir. No todos los tipos posibles (de célula, de tejido, de especie) son equiprobables: muchos no aparecerán nunca, a causa de las leyes físicas y químicas del crecimiento. Admitámoslo, la selección es capaz de eliminar al menos apto, pero no es responsable de designar al apto, ni tampoco del abanico de posibilidades disponibles. Y eso es un cambio profundo de enfoque para el neodarwinismo, que imagina el medio ambiente como único juez de la aptitud en un dominio infinito de posibilidades.

Así pues, la idea de las limitaciones de Waddington se convierte en adversaria de la supremacía de la selección, y hoy día los biólogos del desarrollo le conceden mucha atención. Algunos creen que el estudio de las fuerzas que limitan la estructura biológica ha de ser capital para la teoría de la evolución.

Algunos, pocos, han llegado más lejos y ponen en tela de juicio el fundamento mismo del desarrollo: la genética. Brian Goodwin, de la Universidad de Sussex, por ejemplo, no está demasiado convencido de las ideas de Wolpert acerca de la información de la posición ni de la supuesta base genética del desarrollo, y fue el primero en subrayar que el modelo de formación descrito por aquél en organismos complejos, como el pollo o el ratón, aparece también en seres unicelulares (véase págs. 138 a 140), y razona: ¿Cómo puede ser que, según sostiene Wolpert, sea la célula la unidad fundamental del desarrollo? Tiene que ser, necesariamente, algo más pequeño. Goodwin señala también que la manera en que las partes de un organismo llegan a regenerarse, es incompatible con las simples teorías de la información de la posición. Si cortamos un trozo de un invertebrado como la *Hydra*, ese trozo regenerará el organismo entero, pero más pequeño. El modelo es idéntico, la escala, sin embargo, no. ¿Cómo podría la teoría de la información de la posición explicar esto?

Las críticas son válidas; Wolpert admite que sus ideas se circunscriben a los organismos pluricelulares y no pretende explicar las interacciones «moleculares microscópicas». Goodwin va más allá de esta crítica y propone otra posible explicación: campos, no genes. Goodwin cree que los genes no son capaces de proporcionar, a la vez, los ingredientes y la receta para el desarrollo. Los genes quizá sean los bloques para construir la vida, pero la receta o programa del desarrollo es el resultado de «campos morfogenéticos», parecidos a campos eléctricos o magnéticos, que ordenan las proteínas. En otras palabras, igual que un imán puede ordenar limaduras de hierro en líneas y curvas, ¿podría un campo morfogenético ser responsable de la ordenación de las proteínas fabricadas por los genes? Hay algunas interesantes observaciones que parecen apoyar tales ideas. Intrincadas ecuaciones matemáticas (útiles para predecir el comportamiento de los campos magnéticos y eléctricos) parecen prefigurar ciertos aspectos del desarrollo, difíciles de explicar por otros caminos: la constancia del campo, por ejemplo, la respuesta integral, en cierto sentido análoga a la observable en organismos unicelulares sencillos.

> «Por esta razón es imposible reducir un organismo a sus genes, pues éstos únicamente determinan la composición potencial de aquél y no su forma. Ello no significa negar que la composición pueda influir o constreñir la forma; solo que, en general, no es suficiente para determinarla.»
>
> GOODWIN, 1978

La aproximación de Goodwin al desarrollo se ha convertido en un vehemente rechazo del neodarwinismo por su actitud reduccionista, por su idea de «genes que lo determinan todo». Cabe simpatizar con sus reparos a que la información de la posición explique, sin más, las complejas e integrales transformaciones del desarrollo. Pero Goodwin ha ido, cierta-

mente, demasiado lejos; da la impresión de haberse hundido en una especie de misticismo neopitagórico, de romanticismo matemático, que niega los genes e incluso la evolución.

«Todos los organismos son campos del mismo tipo genérico, y esta propiedad define el dominio de lo vivo, no la ascendencia histórica hasta un tipo ancestral común.»

GOODWIN, 1978

Fascina esta negación de los genes y la historia, y la confianza en los conjuntos integrados y las matemáticas, pero el problema estriba en que Goodwin no habla el mismo lenguaje que los demás biólogos. Tampoco defiende sus revolucionarias proposiciones con experimentos. Lo suyo es, de hecho, un ataque filosófico de tipo estructuralista. Es una lástima que no lo plasme en ciencia sin más, porque el intuitivo encanto de su refrescante planteamiento es fuerte.

Cabe hacer la misma crítica a otra reciente y revolucionaria apreciación del desarrollo, obra del ahora desacreditado Rupert Sheldrake. La comunidad científica recibió con incredulidad el libro de Sheldrake, *A New Science of Life*, publicado en 1981. Muchas publicaciones científicas tuvieron dificultades para dar con alguien que reseñara el libro. Se debía ello, en gran parte, a que Sheldrake —botánico de gran reputación— había propuesto una interpretación radicalmente distinta de los orígenes de la forma y la estructura biológicas.

Según Sheldrake, la forma en la naturaleza (tanto orgánica como inorgánica) está determinada por campos morfogenéticos, al estilo de los campos de Goodwin, sólo que los de Sheldrake son capaces de influir en otros campos, en el espacio y el tiempo.

«Esta influencia podría incluso entrañar una "acción a distancia", en el espacio y el tiempo, de una índole todavía no identificada por los físicos.»

SHELDRAKE, 1981

La idea fundamental de Sheldrake es que las cosas son como son, por una especie de costumbre, de hábito, porque así es como fueron sus predecesores. La forma viene definida por los campos de la forma previa. Según este argumento, los genes quedan reducidos, una vez más, al papel de bloques para construir, y la receta que los junta es un campo etéreo que se transmite al mismo tiempo que los genes. Los campos de Sheldrake son como los de Goodwin, con la característica añadida de que son heredables (en un sentido no genético) y capaces de influir en otros campos.

Para ilustrar esta idea, Sheldrake recurre a una metáfora muy elegante y amena. Imaginemos, dice, que un marciano llega a la Tierra y ve la televisión por vez primera:

«En un primer momento, quizá pensaría que el aparato alberga realmente a la gente diminuta cuya imagen contempla en la pantalla. Pero cuando mirara dentro y viera sólo cables, condensadores, transistores, etc., acaso adoptase la hipótesis más elaborada de que las imágenes resultan, de un modo u otro, de las complicadas interacciones entre los componentes del aparato. Esta hipótesis se le antojaría mucho más plausible cuando descubriera que las imágenes se distorsionan o desaparecen por completo cuando se extraen esos componentes, y que se normalizan cuando se vuelven a colocar en el debido sitio. Si se le hiciera la indicación de que las imágenes dependen, de hecho, de influjos invisibles que llegan al aparato desde muy lejos, posiblemente la rechazaría por innecesaria y oscurantista.»

SHELDRAKE, 1981

Por escandalosa que pueda parecer esta idea (y está bastante traída por los pelos), Sheldrake esgrime pruebas indirectas en defensa de su hipótesis, pruebas procedentes de diversas fuentes: la química, la física y la etología. El apoyo más sorprendente le viene de una serie de experimentos realizados entre 1930 y 1950 por William McDougall, prestigioso biólogo estadounidense (que ya citamos en el capítulo 8, pág. 123). Construyó un laberinto de agua para ratas y descubrió que la habilidad de éstas para sortearlo con éxito

aumentaba de generación en generación (sin haber selección). Lo sorprendente fue que cuando otros investigadores intentaron repetir el experimento, se encontraron con que la primera generación de sus ratas —por completo independientes de las de McDougall— eran capaces de escapar del laberinto con tanto éxito como la última de las de McDougall. ¿Eran ratas intrínsecamente más inteligentes? O como sostiene ahora Sheldrake, ¿habían «heredado» el talento merced a un campo morfogenético más allá del espacio y del tiempo? La interpretación de Sheldrake es que el aprendizaje de las ratas de McDougall se había incorporado a los «campos» ratoniles y de este modo, es de suponer, todas y en todas partes adquirieron de repente el talento para salir de un laberinto así con más éxito. Parece fantástico, sin embargo, presta cierta credibilidad a estas ideas el hecho de que, en primer lugar, para determinados fenómenos (como las investigaciones de McDougall) no existe otra explicación convincente y, en segundo, Sheldrake asegura que su hipótesis es contrastable.

Muchos científicos —entre ellos Lewis Wolpert— han sido muy duros con el libro de Sheldrake. De él se ha dicho que era «un puro disparate» y, en palabras de un editorial de *Nature*, un primer «candidato a la hoguera». Lo más generoso que se ha dicho de las ideas de Sheldrake es que son fascinantes, pero que andan muy huérfanas de experimentación científica. Por supuesto, Sheldrake está atrapado entre dos fuegos en cuanto a investigación; mientras respetables científicos vayan calificando su libro de ridículo, difícil será que obtenga fondos de ningún consejo de investigación para probar su teoría. Mas, ¿cómo podrá sentar la teoría sin investigación? Tal es el círculo vicioso que la ciencia aplica a muchas de las controvertidas ideas propuestas en nuestros días: una versión científica de «el rico se hace más rico y el pobre, más pobre».

Todavía está ahí el velo de semimisticismo que se ha abatido sobre la biología del desarrollo, cabe suponer que como consecuencia de la práctica inexistencia de un sólido cuerpo teórico que dé contenido a las observaciones. Aunque Goodwin y Sheldrake han hecho hincapié en las incongruencias de las ideas vigentes, y han propuesto vías de investigación que serían provechosas para cualquier biólogo del desarrollo, uno y otro parecen haber caído en desgracia con sus teorías. En el caso de Goodwin, se sospecha que su filosofía estructuralista está desempeñando un papel demasiado importante frente al experimento y la observación. Algo parecido ocurre con Sheldrake, si bien éste parece retrotraerse prácticamente al vitalismo en un esfuerzo por explicar la increíble complejidad del desarrollo. Como se ha señalado en otro ámbito muy distinto «*¡C'est magnifique, mais ce n'est pas la guerre!* *» Fascinante, pero eso no es verdadera ciencia.

Gunther Stent, consumado biólogo y teórico, ha puesto una nota más razonable en el debate reduccionismo-no reduccionismo del desarrollo, y aunque merece todo el respeto de la comunidad científica, recientemente ha negado que los genes puedan contener un programa para el desarrollo.

> «A este respecto, la aproximación genética al desarrollo recuerda el enfoque mecánico-cuántico de la genética, de cierta actualidad en el segundo tercio de este siglo.»
>
> STENT, 1981

Stent cree que es tan ingenua la esperanza de explicar el desarrollo en función de los genes como la de explicar los genes en función de los átomos (de moda esta última entonces). Si bien los genes están formados por innumerables átomos y sus complejas interrelaciones, empezar a explicar la herencia en función de los enlaces químicos constituye un mecanicismo ridículo, y, desde luego, nunca resultó.

De igual modo, señala Stent, la creencia actual de que la clave del desarrollo radica en un programa genético es quizá simplista e ingenua. Por otro lado, la idea de un programa implica una rigidez preestablecida que dista mucho de conciliarse con la flexibilidad fáctica del desarrollo. El hecho de

* ¡Magnífico, pero eso no es la guerra!

que el crecimiento embrionario sea regular y predecible (dentro de unos límites) no conlleva que esté programado. Para ilustrar la diferencia entre procesos programados y no programados, Stent se vale de la analogía de una representación de *Hamlet*. Si acudimos al teatro a ver *Hamlet*, somos espectadores de dos sucesos distintos: la representación en sí, que está programada, pues existe una correspondencia inmediata, uno a uno, con el texto escrito; y las diversas concomitancias de la representación, como encontrar localidades, el alzarse el telón, la consumición del entreacto, etc. Estos acontecimientos, aunque son tan parte del espectáculo como el propio texto de Shakespeare, en ningún sentido están programados. Son regulares y previsibles, pero no están programados. ¿Cabría aplicar lo mismo a los genes en relación con el desarrollo?

> «El hecho de que la mutación produzca un fenotipo modificado, demuestra que los genes forman parte de los antecedentes causales del organismo adulto; lo cual no implica que el gen mutante forme parte, en modo alguno, de un programa de desarrollo.»
>
> STENT, 1981

En otras palabras, los genes son quizá un componente esencial del desarrollo, pero no tienen por qué ser la causa de la regularidad. El desarrollo podría ser más un proceso histórico que programado, en el sentido de que una vez puesta en marcha la cadena de acontecimientos, el despliegue se producirá por sí mismo, o como lo expresa Stent, «una cosa lleva a la otra». Si dejamos una olla con aceite y maíz al fuego, abrimos la llave al máximo y volvemos al cabo de dos horas, encontraremos, sin duda alguna, maíz y aceite por toda la cocina. Ahora bien, no sería lo mismo si hubiéramos olvidado encender el fuego, o si no hubiéramos puesto el maíz en la olla al comienzo. Así pues, cada una de estas cosas (aceite, maíz, olla, fuego) es necesaria para el resultado, pero éste no estaba programado en ninguna parte; era, simplemente, consecuencia inevitable de las condiciones iniciales.

Un buen ejemplo de un proceso histórico de este tipo es el establecimiento de comunidades ecológicas en islas recién formadas. La aparición de islas «vírgenes» (después —por poner un ejemplo— de una erupción volcánica) trae consigo una serie regular y predecible de colonizaciones (a medida que organismos sencillos, y luego más complejos, son capaces de explotar los recursos) que, por regla general, se convierten —en regiones similares del mundo— en comunidades muy parecidas de plantas y animales. A pesar de las variaciones que pueden darse en el orden exacto de la colonización, o en el lapso de tiempo empleado, el resultado final es notoriamente constante. De esta forma, dadas unas condiciones iniciales parejas, una cosa lleva a la otra de manera regular y constante, aunque flexible, que no está en modo alguno programada. ¿Podría ser el desarrollo un proceso de esta naturaleza?

La hipótesis de Stent es que si bien los genes del huevo fertilizado aportan las condiciones iniciales para la formación del embrión, los complejos acontecimientos del desarrollo se suceden uno tras otro, sin que estén preordenados o programados en el genoma. Estamos ante un atractivo punto medio entre el reduccionismo, un tanto corto de miras, de Wolpert y las semimísticas ecuaciones de campo, de Goodwin o Sheldrake. Además, atenúa la responsabilidad, un tanto pavorosa, del genoma como «ingrediente» y «receta», dejándole la función de «bloques para construir», que es, en realidad, la única que se conoce de los genes. Eso no significa que no existan genes capaces de mediar en los cruciales procesos del desarrollo, sino que tales genes no están «programados» para actuar de ese modo. Al genetista, esta distinción le parecerá rizar el rizo, pero no es así: puede tratarse de un cambio importante en la manera de pensar de los biólogos acerca de la evolución.

Todo esto recuerda ciertas ilusiones ópticas. En determinado momento vemos un dibujo, al minuto siguiente vemos otro. Los colores y las formas no han cambiado, sólo nuestra impresión de lo que representan (fig. 17).

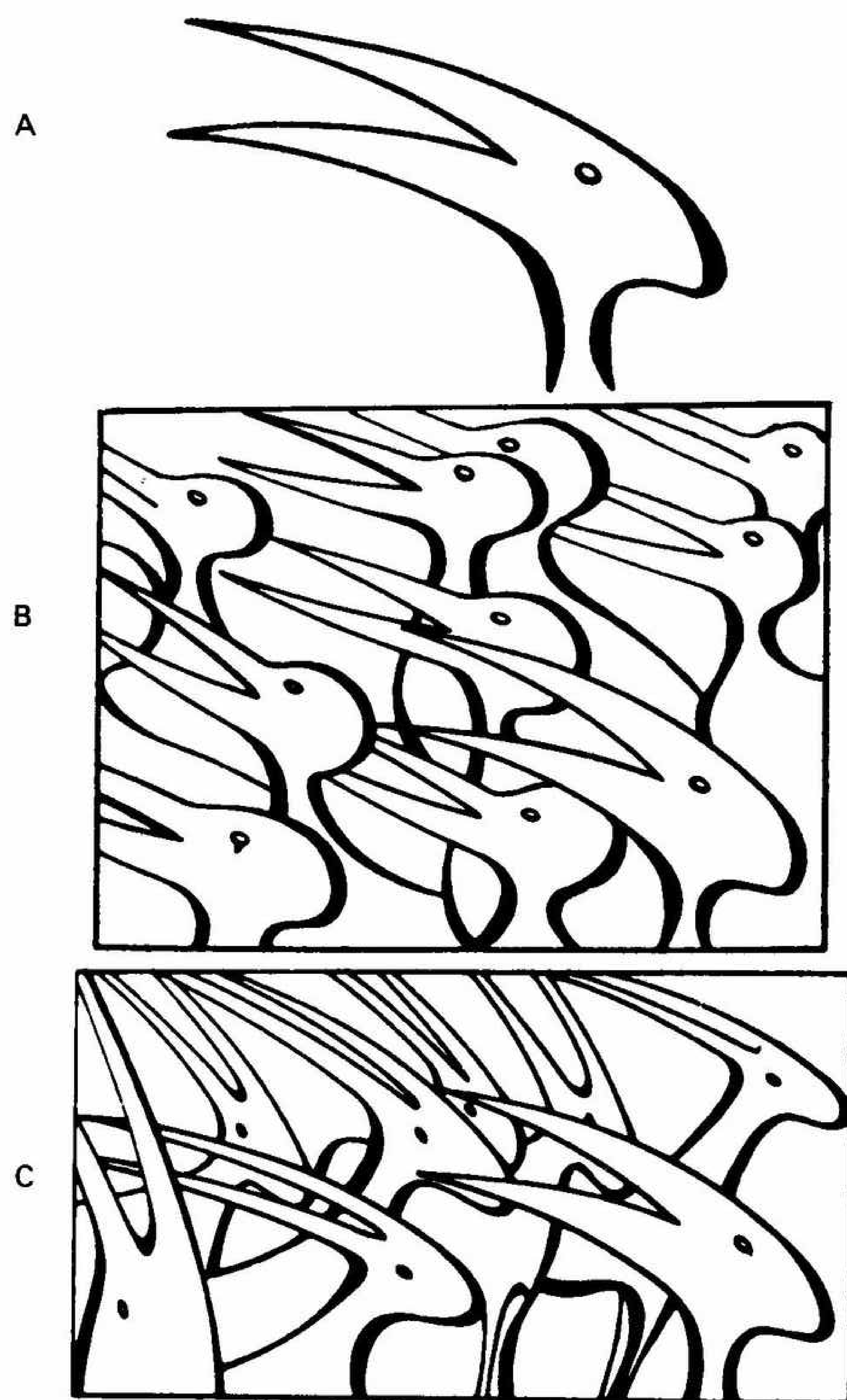


Fig. 17. ¿Qué es *A*? Sobre un fondo de patos *(B)* es un pato, pero sobre un fondo de antílopes *(C)* se convierte en un antílope. ¿Es así como vemos los hechos contrastados con una teoría? (según Hanson, 1958).

Es evidente que llegar a comprender algo del desarrollo —cuando por fin se alcance— debe tener importancia para la teoría de la evolución. Los neodarwinistas creen que la selección natural es capaz de modelar los organismos poco a poco y generar virtualmente cualquier producto final; al saber cada vez más acerca de las limitaciones del desarrollo advertimos que esto no es verdad, que quizá el abanico de posibilidades esté muy estrictamente restringido. Los neodarwinistas conciben los genes como los ingredientes y la receta de la vida; una consideración del desarrollo apunta a que se ha valorado excesivamente la función de los genes, que, al fin y al cabo, no son un programa. Hay más de un aspecto del desarrollo, aún no he explicado por completo, que podría ejercer, en potencia, una influencia profunda en la teoría de la evolución. Se trata de la idea de que los cambios del ritmo del desarrollo fueran capaces de generar variantes radicalmente nuevas.

A finales del siglo pasado, Ernst Haeckel propuso la osada hipótesis de que «la ontogenia recapitula la filogenia». En realidad, este trabalenguas significa que, en el transcurso del desarrollo, un organismo recorre su propio linaje evolutivo, de manera que las diversas formas del embrión representan antecesores pasados de dicho organismo. Podemos ver superficialmente lo que Haeckel tenía en mente; en determinado momento, el embrión humano tiene, a todas luces, el aspecto de un pez (presenta incluso bolsas branquiales), y no empieza a parecer humano hasta el final de la gestación. Además, los organismos muy próximos —aquellos que se supone tuvieron ascendencia común hasta épocas recientes—, como el cerdo y el hombre, tienen embriones casi idénticos en los estadios iniciales; es sólo en los estadios más postreros cuando las diferencias se hacen evidentes (fig. 18).

Ahora sabemos que Haeckel estaba equivocado. Aunque el estudio de la embriología puede proporcionar claves vitales sobre el parentesco, hoy día es un hecho que los estadios primitivos del embrión no representan realmente formas ancestrales; cabría afirmar, mejor, que el desarrollo embrionario «delata» la ascendencia, ya que las vías de desarrollo no es-

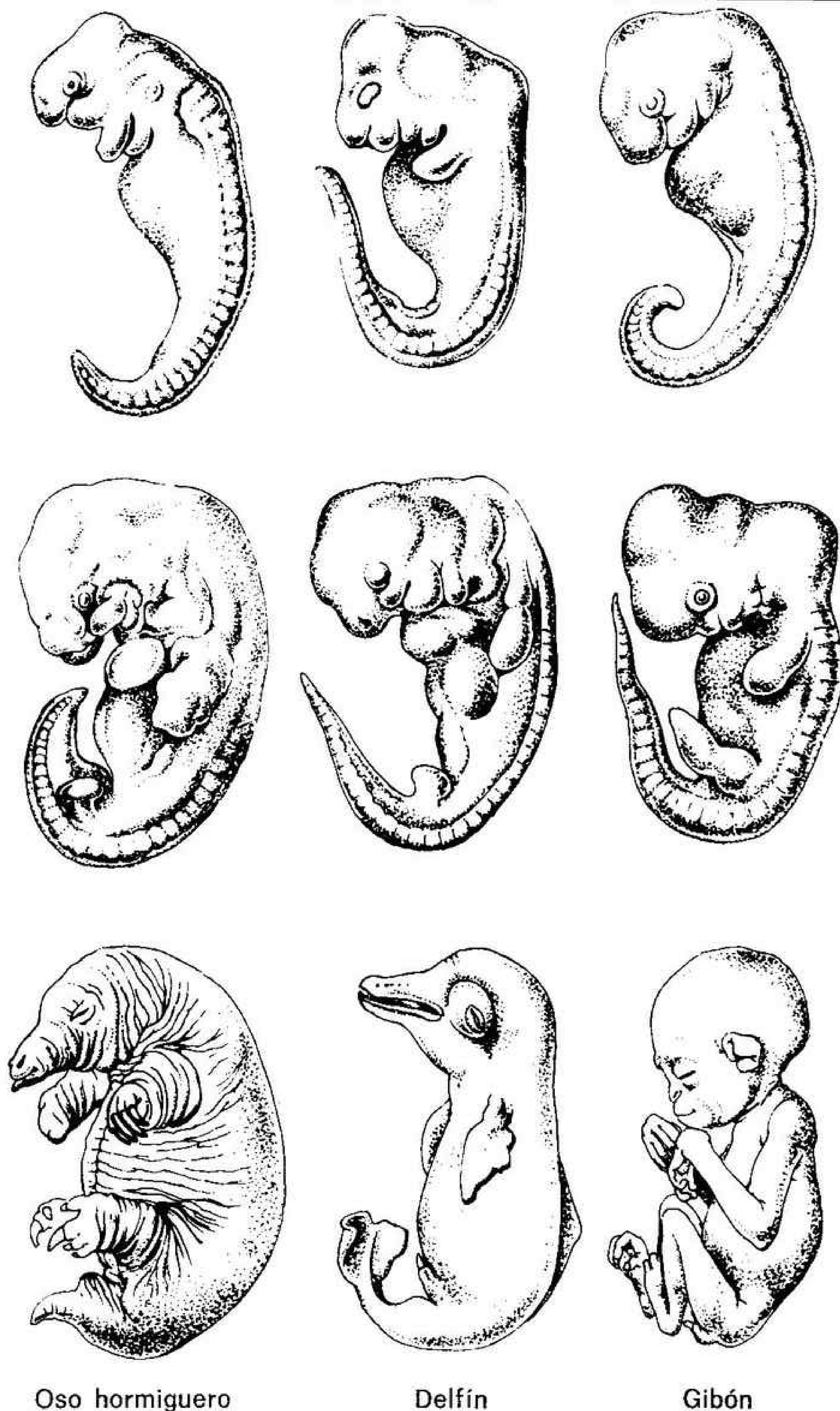


Fig. 18. La extraordinaria similitud entre los primeros estadios embrionarios de los vertebrados condujo a Haeckel a creer que el embrión recorre su propio linaje evolutivo. ¿Por qué un embrión de gibón (o incluso de hombre) pasa por un estadio con bolsas branquiales?

tán dispuestas a la ligera una vez evolucionadas. En otras palabras, cabría esperar que el caballo y la cebra tuvieran vías de desarrollo similares, debido a su estrechísimo parentesco. Lo cual no quiere decir que la cebra evolucionara hacia el caballo o viceversa, sólo que su largamente compartida ascendencia (hasta que divergieron) está llamada a reflejarse en el desarrollo.

Sin embargo, los cambios bruscos de forma que se producen durante la ontogenia —como los que se observan en la metamorfosis de una rana— abren una interesante posibilidad (examinada brevemente en el capítulo 5). ¿Qué ocurriría si se alcanzara la madurez sexual, o se detuviera el desarrollo, en un estadio adelantado o retrasado respecto del normal? En realidad, sabemos que esto se produce en el ajolote, tritón sudamericano. El ajolote experimenta una metamorfosis desde el estadio de renacuajo (con hendiduras branquiales y branquias externas) hasta el estadio terrestre (con pulmones, sin branquias externas), como la rana común. Normalmente alcanza la madurez sexual en la forma terrestre, pero hay veces que madura en la fase acuática, y entonces ya no prosigue la metamorfosis. Esta «neotenia», la consecución de la madurez sexual por una forma juvenil, provocó mucha confusión entre los primeros naturalistas, que creían que el ajolote era, en realidad, dos especies independientes. Y eso es lo importante. Al acceder a una madurez sexual adelantada, el desarrollo ha quedado detenido y se ha «creado» un organismo nuevo. Así pues, se pueden lograr considerables cambios de forma sin necesidad de trastornos genéticos, pues la estructura genética de las dos criaturas es idéntica.

Stephen Jay Gould ha encabezado la reciente reanimación del interés por dicho fenómeno (por lo demás olvidado desde los tiempos de Haeckel) y señala al hombre como ejemplo clásico de neotenia. Si comparamos el desarrollo del hombre con el de, por ejemplo, un chimpancé, existe una similitud manifiesta entre el hombre adulto y el chimpancé joven. Son idénticas la forma y el tamaño de la cabeza, y la distribución del pelo, que está circunscrito a la cabeza, el sobaco

y la ingle. Sin embargo, el chimpancé adulto ofrece un aspecto bastante distinto: la forma del cráneo es notoriamente «simiesca» y el pelo, omnipresente. ¿Podría ser, arguye Gould, que la transición de primate a hombre se consumara, no por selección paso a paso de caracteres individuales, como la forma del cráneo, la ausencia de pelo, etc., sino por un simple cambio del ritmo de desarrollo? Si se alcanzara la madurez sexual en estadios progresivamente más prematuros, ¿no podría haber evolucionado el hombre a partir de sus antecesores sin mediar ninguna alteración genética significativa? ¿Podría ser el hombre una suerte de mono libertino que llega a la madurez sexual antes que a la madurez física? La posibilidad es fascinante y convincente, porque explica no sólo el extraordinario parecido entre el mono joven y el hombre adulto, sino también el porqué esos parientes tan próximos tienen una estructura genética casi idéntica a la nuestra (menos del 1% de diferencia).

Una vez más, columbramos que conocer mejor el desarrollo nos abrirá compartimientos cerrados, llenos de posibilidades y explicaciones nuevas. El desarrollo puede ayudar a explicar el origen de formas nuevas, y puede desplazar la atención concedida a la genética cuando a ésta se le ocurre explicar cómo surgen esas formas. El mundo neodarwinista llegaría a cambiar de modo radical en varios aspectos si las ideas de Goodwin, Stent o Gould resultaran sostenibles. Pero, como ya señalábamos al comienzo de este capítulo, el estudio del desarrollo está todavía en pañales. Será, sin duda alguna, un campo muy fértil cuando se explote convenientemente, mas, para que sea así, hemos de huir de las teorías demasiado místicas y esperar resultados concretos.

10. ¿PÉRDIDA DE CONFIANZA EN DARWIN?

¿Cómo debemos reaccionar ante las actuales incertidumbres acerca del darwinismo?

¿Es una teoría científica el darwinismo? No es falseable en el sentido de Popper estricto, pero es verificable y, por tanto, científica. La idea de «supervivencia del más apto» puede ser —y a menudo lo es— una tautología; lo cual es algo que los neodarwinistas deben evitar si la teoría ha de explicar lo que observamos en la naturaleza.

¿Qué poder tiene la selección natural? En pocas palabras, no tiene tanto como muchos neodarwinistas parecen suponer. En primer lugar, es algo muy difícil de aprehender y medir adecuadamente. Segundo, aunque es posible demostrar una enérgica selección en condiciones artificiales, ¿podemos estar seguros de que tamaña selección se da en la naturaleza? Muchas observaciones de variación y selección en condiciones naturales sugieren que ésta no puede ser en absoluto muy fuerte.

¿Cómo se originan nuevas especies? Diríase que por diversos medios. Si bien es cierto que existen pruebas concluyentes a favor del mecanismo neodarwiniano clásico de aislamiento más selección, hoy día se cree que este proceso puede ser mucho más complicado. Las investigaciones recientes han subrayado la importancia de los acontecimientos genéticos bruscos en gran escala (como la poliploidía, los cambios

cromosómicos o la evolución «concertada» de Dover), en la especiación, y esto, desde luego, mina la supuesta gradación neodarwiniana.

¿Por qué no vemos transiciones graduales en los fósiles? De hecho, no advertimos gradación alguna en vastos segmentos del registro de fósiles; esto puede ser a causa de la misma naturaleza del defectuoso registro (como creía Darwin), o bien un reflejo de la verdadera realidad del cambio. Tal «equilibrio interrumpido» no tiene por qué desmentir las ideas darwinistas, pero, desde luego, es un nuevo indicativo de que para llegar a comprender la evolución se necesita bastante más que lo que el genetista de poblaciones puede hoy predecir o explicar.

¿Podemos separar el modelo del proceso? Quizá resulte complicado hacerlo; ahora bien, las ideas preconcebidas acerca del proceso ¿han desviado nuestras observaciones del modelo? Los cladistas creen que buena parte del «relleno de las lagunas» de la historia de la evolución es un cuento sin fundamento alguno, y que la noción de ascendencia resulta muy difícil de manejar científicamente. Desde su punto de vista, no se trata de que el neodarwinismo sea malo de necesidad, sino que no les afecta para nada en su trabajo.

¿Pueden los genes aprender de la experiencia? Al parecer no; sin embargo, pueden realizar muchas cosas que Mendel nunca soñó. Se tiene la impresión de que los recientes intentos de reavivar las ideas de Lamarck, han fracasado, si bien hay algunos experimentos incómodos, todavía por repetir. Las noticias de que los genes pueden «pasearse» con rapidez por genomas y poblaciones, y la insólita posibilidad de que ciertos genes hayan sido «trasplantados» de una especie a otra en el pasado, amplían, desde luego, el horizonte de la genética. Tales procesos, si se dan y son frecuentes, están llamados a provocar el replanteamiento de ciertos principios fundamentales del neodarwinismo.

¿Son suficientes los genes como prueba cianotípica del desarrollo? Aunque nadie puede afirmarlo a ciencia cierta, un número importante de biólogos del desarrollo dudan de que sea así. Hoy por hoy, la discusión continúa. Cuando surja una teoría coherente del desarrollo, arrojará mucha luz sobre el mecanismo de la evolución. De momento, las semimísticas teorías del «campo» son débiles científicamente, pero aumentan las dudas de que los genes por sí solos contengan el «programa» del desarrollo.

A pesar de que diversos aspectos del neodarwinismo están siendo objeto de una crítica exhaustiva, y de que las investigaciones recientes apuntan a la existencia de embarazosas lagunas en la teoría, muy pocos biólogos abandonan el barco. Muchos de los críticos más activos —como Gould y Lewontin— son todavía, en lo fundamental, neodarwinistas que buscan modificaciones a los principios fundamentales; se muestran reacios a echar por la borda un argumento imperfecto, mientras no exista otro que aporte una explicación coherente. Otros, como Goodwin y Sheldrake, parecen haber franqueado el umbral semimístico de un mundo con otra estructura diferente. Pocos, como Patterson, sostienen que el neodarwinismo no es necesariamente correcto o erróneo, sino que carece de importancia para una buena biología. Muchos biólogos ignoran, en gran medida, que los ataques estén tan generalizados. Sin embargo, no hay un biólogo entre mil que reniegue de la síntesis neodarwiniana de la teoría de la evolución.

Ahora bien, no hay humo sin fuego. Cuando científicos de renombre empiezan a escribir artículos para publicaciones científicas con títulos como: *¿Se necesita una nueva síntesis de la evolución?* (Stebbins y Ayala, 1981). *En defensa del neodarwinismo* (Charlesworth, Lande y Slatkin, 1982), o *¿Está naciendo una nueva teoría general de la evolución?* (S. J. Gould, 1980), podemos estar seguros de que, sea cual fuere el resultado, se avecina un vivo debate. ¿Podrán los neodarwinistas salvar su teoría, manipulando *ad hoc* advertencias y modificaciones? ¿O estamos al borde de una teoría nueva, más general?

En la opinión pública existe todavía cierta confusión entre

evolucionismo y darwinismo; si le contamos al hombre corriente y moliente que existen dudas acerca del darwinismo, es muy probable que lo interprete como un rechazo de la evolución en sí. Y muchos creacionistas explotan esta clase de malentendidos para vender su propio antievolucionismo. Claro está, es un error. Aunque el darwinismo puede mantenerse o fracasar como explicación válida de la evolución, la evolución misma no se cuestiona; el testimonio geológico por sí solo es suficiente para rechazar cualquier otra interpretación.

Lo que contesta es el envalentonamiento jactancioso, casi arrogante, que los neodarwinistas han mostrado entre 1941 y 1970.

«El descubrimiento de los principios de la selección natural hizo comprensible la evolución; junto con los hallazgos de la genética moderna, ha vuelto insostenible cualquier otro modelo de evolución.»

HUXLEY, 1953

Este párrafo, típico del darwinista de aquella época, contrasta vivamente con la actitud darwiniana de hoy. Al presente, ni siquiera el más declarado defensor del neodarwinismo realizaría tamaña afirmación incondicional de omnisciencia.

Con el rapidísimo crecimiento de la biología en los últimos veinticinco años, ha sobrevenido cierta conciencia de que la evolución entraña más de lo que Julian Huxley y su cohorte de síntesis modernas imaginaron. Esta saludable expansión de horizontes —de la que los ataques de este libro son sólo la manifestación más reciente— ha conllevado una pérdida de arrogancia entre los neodarwinistas de hoy en comparación con sus omniscientes predecesores de hace cuarenta años.

Todo ello ha surgido, en parte, de una sensación de confusión. Las herramientas a nuestra disposición para descubrir los secretos de la vida se nos antojan harto toscas —algo así como tratar de comer un huevo pasado por agua con una

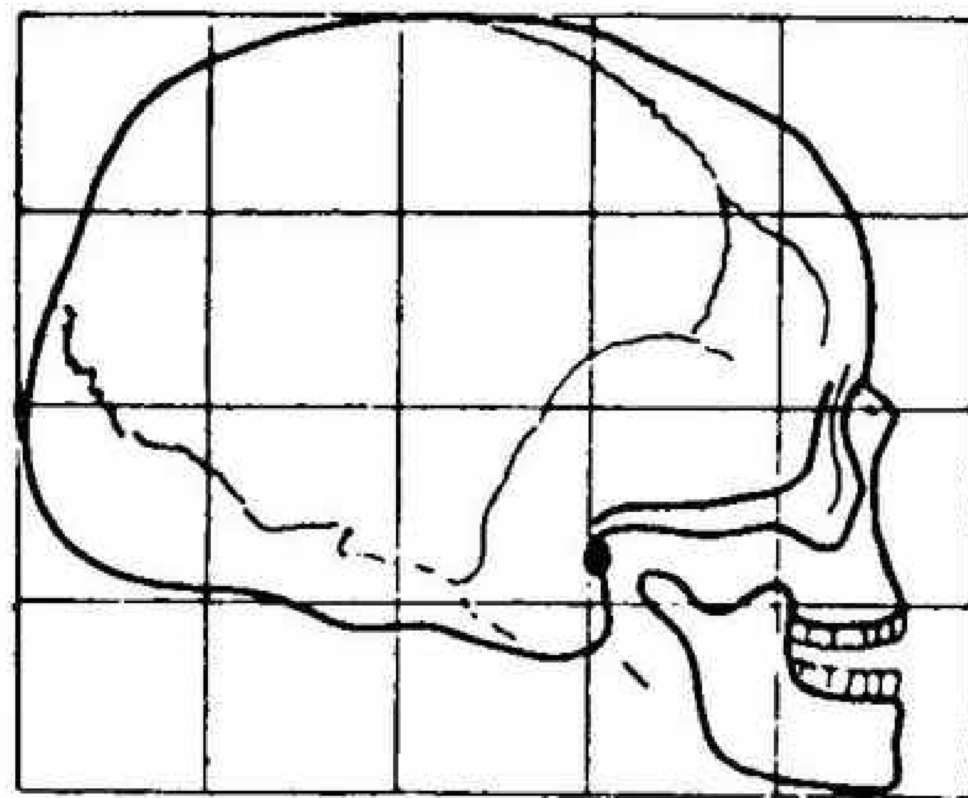
horquilla. A cierto estadio, vemos al gibón columpiándose sin esfuerzo alguno de rama en rama: una máquina increíblemente bien diseñada para sobrevivir en la selva (fig. 19); sin embargo, cuando tratamos de adquirir conocimientos más detallados sobre algún aspecto de la vida del gibón —¿cómo y cuándo se reproduce?, ¿es variable para determinado gen enzimático?, ¿cómo evolucionó su musculatura a partir de un antecesor?—, nos encontramos con que somos incapaces de medir con precisión dicho aspecto, o, por el contrario, nos enfrentamos con una enorme colección de indicios ambiguos que eluden cualquier interpretación sencilla.

Un ejemplo clásico de semejante dificultad lo podemos ver en el análisis de estructuras que realizó D'Arcy Thompson



Fig. 19. ...una máquina increíblemente bien diseñada para sobrevivir en la selva: el gibón.

mediante coordenadas cartesianas (figs. 20 y 21), con el cual demostró que todas las diferencias externas, diríase que inequívocas, que presentan entre sí muchos organismos emparentados, a menudo se pueden explicar por medio de una sencilla transformación integral de las coordenadas. Un cráneo humano, por ejemplo, superpuesto a una simple cuadrícula tridimensional, se puede transformar fácilmente en un cráneo muy parecido al de un mono antropomorfo, cambiando sólo un parámetro del sistema de coordenadas. Esto hace pensar que quizá la evolución misma sea el resultado de cambios coordinados, más o menos elementales. Con todo, ¿cómo empezar a explicar tantas modificaciones independientes,



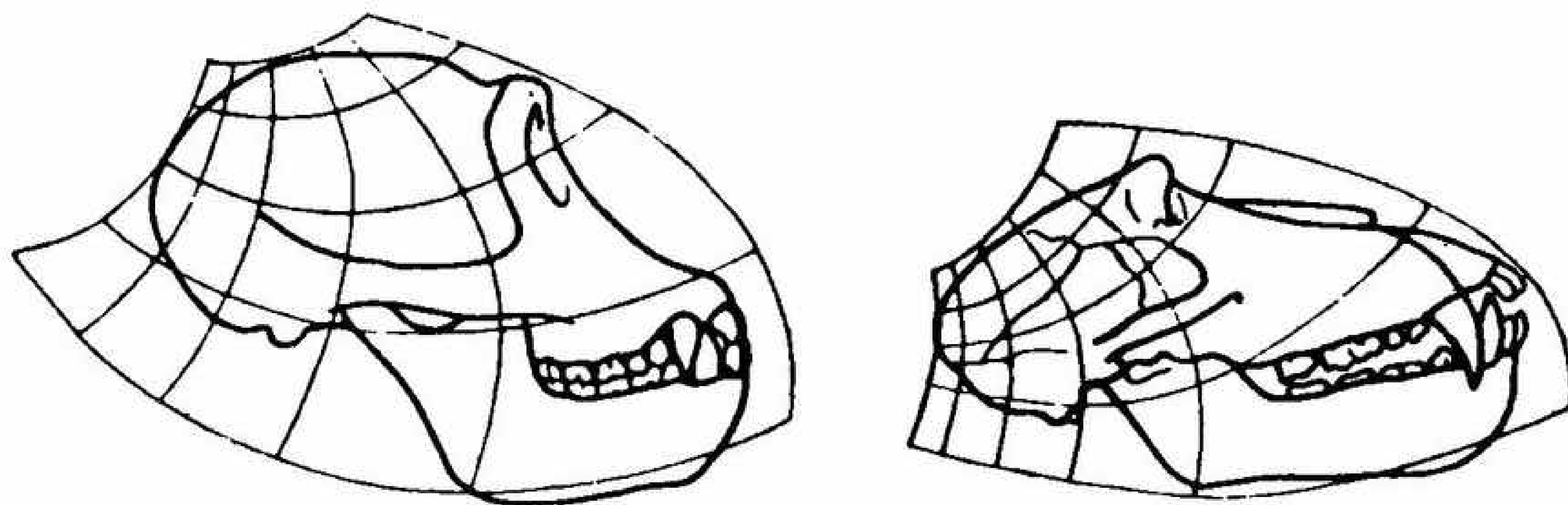
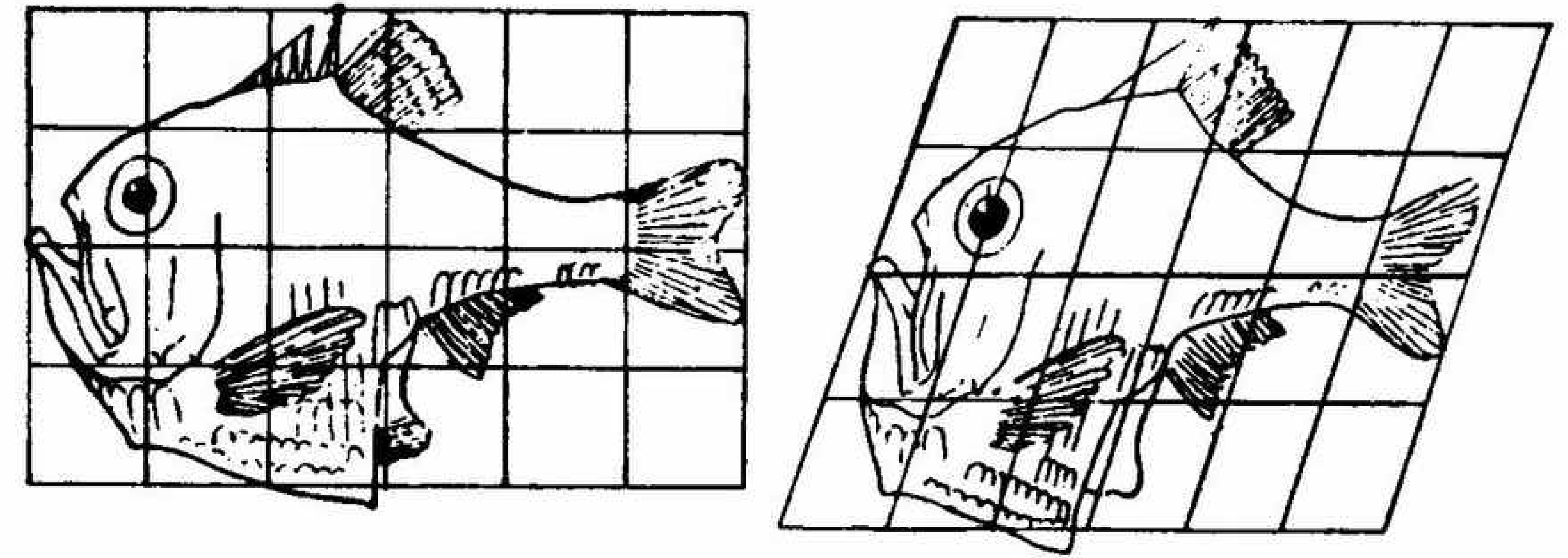


Fig. 20. D'Arcy Thompson ideó las coordenadas cartesianas de un cráneo de hombre (arriba) para generar el de un chimpancé (abajo, a la izquierda) y el de un babuino (abajo, a la derecha) (según Thompson, 1942).



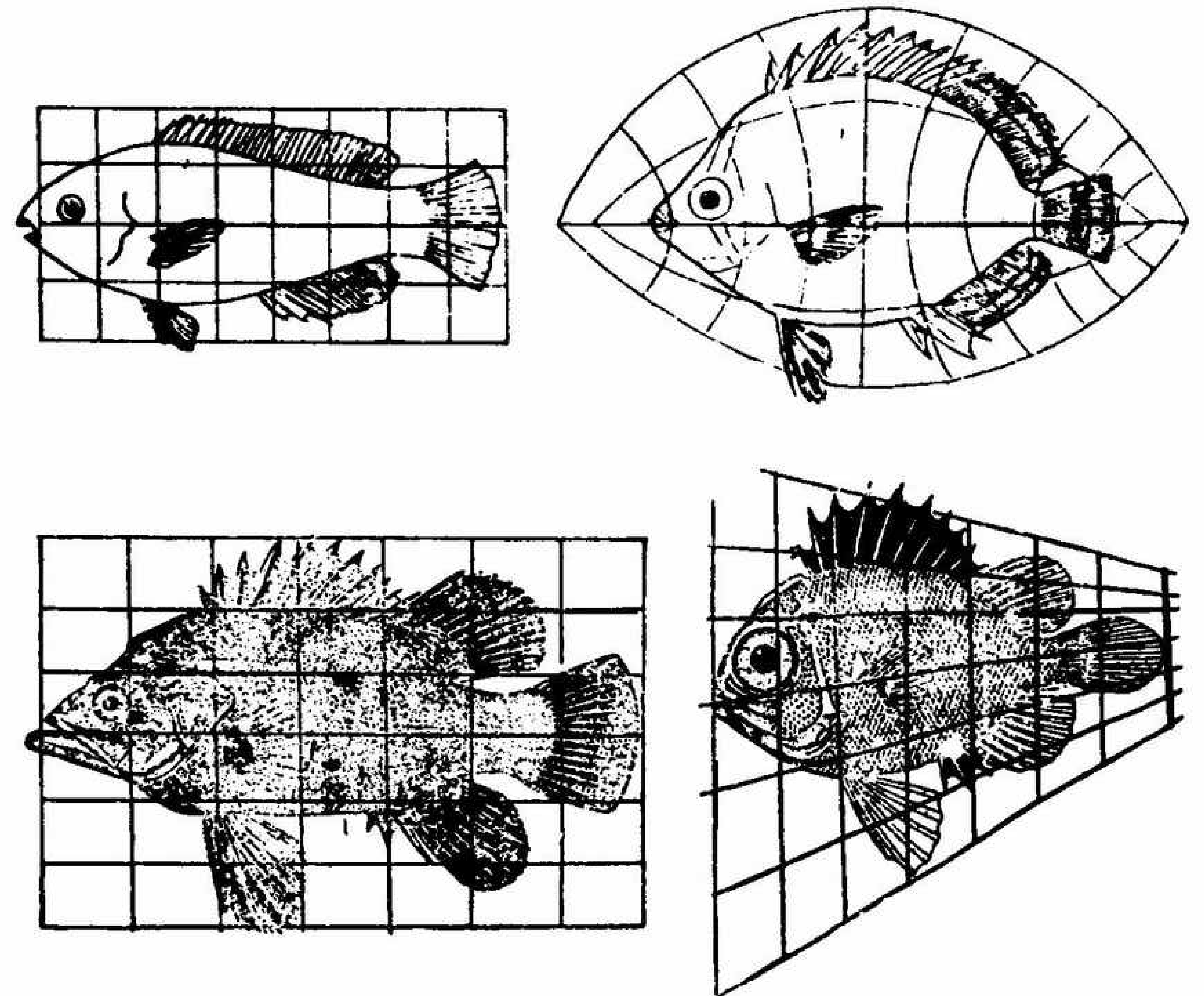


Fig. 21. Una simple transformación de coordenadas cartesianas parece «explicar» algunas diferencias complejas entre especies. ¿Cuán atomista puede ser la selección natural? (según Thompson, 1942).

y sin embargo integradas, de huesos, nervios, músculos, estilo de vida, etc., en función de la selección natural, o de genes «egoístas»? Seamos claros: no podemos. En el caso del gibón, así como en el de las coordenadas de D'Arcy Thompson, vemos a la naturaleza conseguir resultados simples, integrados, al tiempo que nuestras herramientas son demasiado toscas para averiguar cómo se las arregla.

El propio Darwin tenía idea, como siempre, de las dificultades para explicar la sutileza y el holismo de la naturaleza mediante sus concepciones, pero creía que era más una dificultad de imaginación que de intelecto. Tenía fe, para expresarlo en otros términos, en que los descubrimientos de la biología vindicarían la selección natural, y que los rompecabezas de hoy serían explicados mañana en función de la selección natural. Claro está, no hay razón para suponer que debamos rechazar el neodarwinismo, sólo porque, en 1982, el gibón o las coordenadas de D'Arcy Thompson le supusieron dificultades. El problema no es que las ideas darwinianas estén irremediablemente equivocadas —existen muy buenas razones que demuestran lo contrario—, sino que hay mucho más en la historia de lo que los darwinistas pueden justificar. Si abriéramos nuestra mente a nuevas posibilidades, si examináramos la naturaleza desde otros puntos de vista, acaso nos viéramos recompensados con algunos hallazgos originales.

El trabajo de Gabriel Dover sobre la difusión «horizontal» de genes y el sorprendente paralelismo entre cambios cromosómicos y especies, han ampliado la trama neodarwiniana de la especiación. La evaluación del alcance de la variabilidad génica y el efecto aparentemente «neutro» de la mayoría de las variantes, han conllevado una apreciación nueva de la fuerza de la selección en la naturaleza. El fracaso del neodarwinismo para predecir los modelos observados en el registro de fósiles —en otras palabras, el hecho de que los neodarwinistas parezcan ser capaces de «explicar» la evidencia fósil, sea cual fuere— puede significar que la macroevolución es, en realidad, un campo con entidad propia, con sus teorías y observaciones. Las dificultades inherentes a la reconstrucción de la historia de la evolución y la determinación de la ascendencia han frenado la inclinación a los «cuentos» y a la especulación verbosa. ¿Por qué siempre los neodarwinistas han de intentar abrir todas las puertas de la naturaleza con la misma llave? ¿No es razonable suponer que quizá se necesite más de una? Si continuamos dando por sentado que con una es suficiente, ¿no corremos el peligro de acortar nuestra visión de la naturaleza?

Existe otra razón importante para la pérdida de confianza en el neodarwinismo, que a decir verdad, no tienen nada que vér ni con el neodarwinismo, ni siquiera con la biología *per se*. En los últimos años se ha extendido una pérdida general de confianza en toda la ciencia: un desencanto con el enfoque reduccionista, y la sospecha de que acaso la ciencia no sea tan objetiva como los científicos hemos dado en creer. Algunos ejemplos de la historia de la biología ilustrarán el punto concerniente a la objetividad.

Las interpretaciones del *tempo* de la evolución han variado muchísimo, como hemos visto: desde el catastrofismo extremo hasta la gradación acérrima, pasando por el equilibrio interrumpido. Pero, ¿quiénes han sido las principales cabezas visibles de estas interpretaciones? Cuvier fue el más firme partidario del catastrofismo predarwiniano. La primera publicación importante de Cuvier data de 1799, diez años después de que la Revolución francesa hubiera inculcado en todos los franceses el valor del cambio brusco. Charles Lyell fue el principal «gradacionista» del siglo XIX. ¿No podían haber estado influidas las tendencias científicas de Lyell, un pudiente intelectual de la Inglaterra georgiana y victoriana, educado en Oxford, por el entorno amable, cortés, al que estaba acostumbrado?

Aún hoy día, los paralelismos son sorprendentes: varios de los partidarios estadounidenses más incondicionales del equilibrio interrumpido son, en lo sociopolítico, abiertamente marxistas; en la Unión Soviética existe también una fuerte corriente de esta idea —y, claro está, el marxismo descansa sobre principios de cambio revolucionario, radical, que se pres-

tan con bastante facilidad a semejante perspectiva del registro de fósiles.

Otro ejemplo, quizá más claro, de cómo las ideas científicas están condicionadas por el medio cultural, es la historia de la tecnología. Ha existido una correlación casi perfecta entre el incremento del perfeccionamiento de las máquinas y la complejidad de los modelos científicos usados para explicar el mundo. La concepción de Galileo del Sistema Solar guarda estrecho parecido con el funcionamiento de un reloj del siglo XVI. El desarrollo y perfeccionamiento de los computadores en nuestro siglo corre parejo al uso de la teoría de la información y al análisis de sistemas para penetrar en dominios totalmente inconexos: desde la inmunología hasta la neuroanatomía o neurofisiología. Existe una relación directa entre la teoría económica de Malthus (hacia 1800) y la propia interpretación darwiniana de la selección natural y de la «economía» de la naturaleza (en realidad, Darwin manifestó en público su inspiración maltusiana).

Sin duda, el hecho de que los adelantos científicos estén o no influidos, incluso determinados, por las condiciones culturales, políticas o filosóficas, no conlleva que tales adelantos hayan de ser incorrectos; no vayamos a pensar que Galileo estaba equivocado acerca del Sistema Solar, sólo porque fue a inspirarse en un reloj. Pero de todo ello podemos concluir que no deberíamos lanzarnos a conclusiones prematuras sobre la naturaleza: cuando existan diferencias de opinión, tendremos que examinar atentamente los hechos y admitir que acaso la interpretación esté terciada, de manera casi inconsciente, por otros factores. ¡Puede haber nuevas perspectivas, ahí, a la vuelta de la esquina!

La pérdida de confianza en Darwin tiene, por tanto, dos orígenes distintos. Por un lado, un número creciente de biólogos se replantea y modifica la teoría vigente; por otro, esta crisis de identidad es sólo una faceta de un fenómeno mucho más amplio: la idea entre los «nuevos» científicos de que la ciencia es, en fin de cuentas, falible, de que puede no tener todas las respuestas.

¿En qué posición queda ahora Darwin y el neodarwinismo? ¿Se debe modificar la teoría al uso para dar cabida a los nuevos resultados, a las nuevas actitudes? ¿Es la actual moda antirreduccionista, incluso anticiencia, no más que eso, una moda pasajera? ¿O está el neodarwinismo a punto de ser reemplazado por una nueva y más amplia teoría de la evolución?

11. ¿DARWIN CAÍDO EN DESGRACIA?

«El darwinismo, por tanto, como selección natural del [más] apto, como árbitro último en el control de la descendencia, se erige incólume, transparente y encumbrado por encima de los negros nubarrones de la batalla. Al menos, así me lo parece. No obstante, el darwinismo como factor todopoderoso, es más, como importantísimo factor mecánico-causal de la formación de especies, está desacreditado y va a menos... Pero el propio Darwin no pretendía que la selección fuera la horma universal. ¡Ya puede dar voces para que le rescaten de sus amigos!»

VERNON KELLOGG, 1907

Se mire como se mire, la conclusión que deberíamos sacar del neodarwinismo de hoy es muy parecida a la que llegó el gran zoólogo estadounidense Vernon Kellogg acerca del darwinismo en 1907. Lo cierto es que las raíces de todas las dudas actuales se remontan, claramente, al propio Darwin y, a menudo, incluso antes; quizá olvidamos con excesiva facilidad que las ideas de verdad originales son contadísimas. Aunque Kellogg (autor de *Darwinism Today*) carecía de los conocimientos que los investigadores recientes han descubierto, y a pesar de haber deducido sus conclusiones por razones algo distintas, creo que puso el dedo en varios puntos débiles del darwinismo, que siguen estando en el corazón mismo del presente debate.

Quizá sea el propio Darwin, paradójicamente, la causa de que el darwinismo sobreviva. Son sus amigos, los darwinistas

y neodarwinistas, quienes a veces le han prestado muy flacos servicios. A diferencia de tantos discípulos que, entusiasmados, han exagerado y abrazado este postulado, Darwin fue plural y contemporizador en sus planteamientos. Admitía sin ambages la posibilidad del lamarquismo, de tasas variables de evolución; cuestionaba incluso la omnipotencia de la propia selección como modeladora de cambios. Compárese el derroche de confianza de Julian Huxley en el último capítulo con este comentario extraído de la introducción a la primera edición de *El origen de las especies:*

«Estoy convencido de que la selección ha sido el principal, pero no el único mecanismo de modificación.»

DARWIN, 1859

Aunque Darwin estaba convencido del papel de la selección natural, sus obras están salpicadas de comentarios de esta índole: confesiones de ignorancia y disposición a abrirse a nuevas perspectivas. El problema es que la hipótesis de Darwin se convirtió casi en una religión en manos de sus discípulos; muchos de sus seguidores perdieron la franqueza y la flexibilidad que caracterizan a Darwin.

El neodarwinismo de hoy es también flexible —más flexible, desde luego, que en los años de la síntesis moderna, entre 1941 y 1960. No rechaza los genes neutros, ni las tasas variables de evolución, ni siquiera la especiación brusca mediante cambios cromosómicos. Admite la realidad compleja. Mientras asuma sus limitaciones, mientras no trate de explicarlo todo (porque, entonces, realmente no explica nada), seguirá siendo poderoso. Una cosa es cierta: hoy por hoy no existe otra teoría coherente que reemplace al neodarwinismo. Determinadas bisagras de la estructura vigente pueden chirriar y deformarse bajo el peso de las nuevas ideas, pero, como mínimo, la estructura permanece en pie. Eso es algo de lo que ninguna teoría rival puede hacer gala.

No ceja, sin embargo, la absurda omnisciencia. El neodarwinismo es un intento increíblemente ambicioso de explicar la naturaleza, y, en muchos aspectos, no está a la altura de la tarea. Como hemos visto, hay problemas, contradicciones y nuevos descubrimientos que no encajan como debieran en la estructura actual; ya no es suficiente, desde luego, el modelo gradacionista y mecanicista, soberano único en el segundo tercio de este siglo.

Cabe observar y medir la evolución en tres estadios fundamentalmente distintos: subespecífico, específico y supraespecífico. El estadio subespecífico se interesa por las poblaciones de organismos e intenta aprehender la selección operando sobre la variabilidad para producir adaptaciones al medio ambiente. El estadio específico se ocupa de los procesos de especiación, de la mecánica del origen de las especies. El estadio supraespecífico —el de la macroevolución— trata de los modelos en gran escala de la aparición, extinción e interacción de las especies, abordables a través de la ecología y la paleontología. Esas distinciones son arbitrarias e innecesarias para un neodarwinista, porque el principio unificador de la selección natural englobaría los tres estadios en un solo fenómeno, explicable a todos los efectos con los mismos términos y principios. Sería, sin duda, un gran adelanto si esta unificación estuviera justificada, ¿pero lo está?

Creemos que los neodarwinistas se han dejado sugestionar por la elegancia de su teoría y, prematuramente, por la promesa de unidad. ¿Pueden nuestros conocimientos sobre la adaptación dar respuesta a la adaptación?: todavía no. ¿Predice la selección natural los modelos del registro de fósiles?: tampoco. Observemos más de cerca los tres estadios.

Primero, en el estadio subespecífico, hay pruebas rotundas del poder de la selección. La mejor exégesis de la adaptación es la selección natural. No obstante, en este punto se presentan complicaciones. ¿Es corriente el «neutralismo»? ¿Existe alguna herencia lamarquiana? ¿Qué papel representa el desarrollo a favor de la adaptación? En éste, el neodarwinismo se mantiene como la mejor «actitud» para explicar las observaciones, aunque admitiendo que todavía persisten ciertas lagunas incómodas en la teoría.

Segundo, en el estadio específico, parece bastante débil la selección natural. Si la adaptación conduce necesariamente a la especiación, entonces la selección natural podría, con toda seguridad, pasar por causa del origen de las especies, lo cual no es cierto. Muchos de los procesos que parecen estar asociados con la especiación —aislamiento geográfico, duplicaciones y reordenaciones cromosómicas, secuencias repetidas de ADN, incluso la neotenia— tienen poco que ver con la selección natural. Aquí, la selección natural es compatible con lo observado; sin embargo, no explica de manera suficiente la especiación.

Tercero, en el estadio supraespecífico, se muestra más debilitada la selección natural. Si bien es posible conciliar el neodarwinismo, ora con la gradación, ora con el equilibrio interrumpido del registro de fósiles, la teoría es incapaz de predecir cuál de esos modelos en gran escala va a presentarse, y, en ese sentido, es un tanto inaplicable a las observaciones supraespecíficas. Parece razonable el *cri de coeur* de los nuevos paleontólogos: que la macroevolución está desacoplada de la microevolución.

Esto no significa que la síntesis neodarwiniana sea errónea; sólo que la adhesión exclusiva al neodarwinismo puede impedir, además del progreso de la biología, que comprendamos la evolución, por querer explicar más de lo que en realidad podemos. En fin de cuentas, ¿qué explorador se adentra en un territorio del que se rumorea que ya existe un mapa? ¿Cómo pueden plantearse los biólogos nuevas preguntas acerca de la evolución, si los neodarwinistas se empeñan en pretender tener todas las respuestas? De los experimentos considerados en este libro, muy pocos se resisten a una avenencia con la teoría vigente: que es posible modificar y ampliar el neodarwinismo a toda clase de formas. En general, la teoría se queda corta al explicar esas nuevas observaciones, y, por consiguiente, ha de vestir una talla menor.

Creo que el neodarwinismo sobrevivirá como la mejor teoría existente de la adaptación, pero que disminuirá su importancia como teoría de la especiación —como explicación

del origen de las especies—, así como para comprender los procesos en gran escala de la evolución. La idea de la selección natural puede resultar inoportuna y oscurecedora en algunos campos. Incluso en aquéllos donde continúa siendo la mejor explicación —en particular, la genética de poblaciones—, se producirán casi de seguro cambios de enfoques, a causa de los ataques presentes:

1. Los neodarwinistas deberían volver a examinar las posibilidades de un cambio morfológico brusco, rápido. Sean genes interruptores, alteraciones del ritmo del desarrollo, o incluso súbitas revoluciones genéticas, existen algunos mecanismos interesantes para conseguir cambios corporales importantes: todos son muy acreedores de investigación. Los darwinistas han hecho hincapié en la gradación durante demasiado tiempo.
2. ¿Qué significa en realidad «azar»? La idea de «variantes al azar», las mutaciones, sobre las cuales puede actuar la selección, es uno de los pilares del neodarwinismo. Pero, ¿es un fenómeno verdaderamente casuístico el origen de la variación? ¿Cómo puede resultar la palmaria coordinación de una respuesta a la adaptación, de sucesos aleatorios, inconexos? Durante demasiado tiempo, la palabra «azar» parece haber significado, de hecho, «mal conocido»; esta parte de la síntesis exige una aclaración.
3. El neodarwinismo ha de reconocer que todavía están por descubrir algunas piezas cruciales del rompecabezas de la evolución. La trayectoria del desarrollo desde los genes al organismo completo continúa siendo un misterio, y no podemos suponer que cuando lo hayamos descubierto por entero, ocupará limpiamente un sitio junto a otros aspectos de la teoría; todo apunta a que conocer el desarrollo revolucionará a fondo el concepto que tenemos de adaptación.
4. ¿Cuán objetivo es el neodarwinismo como ciencia? La historia proporciona varios ejemplos impresionantes de condicionamiento cultural, político o filosófico de la ciencia; el propio darwinismo tiene algunos paralelismos en la historia de

la política y la economía. Como ya es usual, ello no significa que las ideas impulsadas por acontecimientos externos estén equivocadas, sólo que la investigación pura rara vez lo es. ¿Existen otras teorías que expliquen las observaciones?

5. Por último, el neodarwinismo debería emprender un enfoque menos reduccionista, menos atomista de la naturaleza. Por doquier la vemos manifestarse coordinadamente, como un todo integrado; y, sin embargo, por definición, el método científico es analítico y avanza por etapas. En ciertos casos, esta estrategia ha logrado éxitos admirables, pero en otros, no. La evolución abarca tantos estadios en la jerarquía de la naturaleza (de moléculas a órganos, de extinciones individuales a extinciones en masa) que los neodarwinistas tienen que afrontar el peligro inherente de aplicar las mismas reglas a todos ellos. Un fenómeno que puede parecer aleatorio a determinado estadio (el lanzamiento de una moneda, por ejemplo), es causal y no aleatorio en otro distinto (si midiéramos todas las fuerzas infinitesimales que actúan sobre la moneda, podríamos predecir su caída).

Esto no es un alegato de misticismo, ni una diatriba contra la ciencia. La ciencia es la única herramienta fiable a nuestro alcance para llegar al conocimiento de la naturaleza. Ahora bien, si se convierte en religión, en las únicas gafas con que contemplamos el mundo, corremos el peligro de que los árboles nos oculten el bosque. Así es cómo el reduccionismo o el atomismo de los neodarwinistas ha ensombrecido la realidad; las preguntas que hemos planteado a la naturaleza han sido aquéllas para las que vislumbrábamos una respuesta. Y, sin embargo, la realidad va mucho más allá.

La teoría de la evolución se halla en un estado dinámico. Cuando se hayan asimilado las recientes investigaciones, quizá seamos espectadores de un gran cambio en nuestros conocimientos. Ese cambio menguará la importancia de la selección natural y la del neodarwinismo. No se trata de que la teoría sea defectuosa: se convertirá en una faceta más de la teoría de la evolución.

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

Figuras 1, 4 y 5, de *El origen de las especies*, Museo Británico (Historia Natural); figura 2, de *Scientific American*, noviembre 1979; figura 7, de S. J. Gould, *Ontogeny and Phylogeny*, Harvard University Press; figura 10, de Francis Hitching, *The Neck of the Giraffe*, o *Where Darwin Went Wrong*, Pan Books; figura 11, de *The British Journal of Psychiatry*; figura 12, de A. S. Romer y T. S. Parsons, *The Vertebrate Body* (5.ª edición). Propiedad literaria, en 1977, de W. B. Saunders Company. Propiedad literaria en 1970, 1962, 1955 y 1949, de W. B. Saunders Company. Reproducida con autorización de Holt, Rinehart y Winston, CBS College Publishing; figura 13, de *Scientific American*, octubre 1978; figura 14, de J. Needham, *Biochemistry and Morphogenesis*, Cambridge University Press; figuras 15 y 16, de C. H. Waddington, *The Strategy of the Genes*, George Allen & Unwin; figura 17, de N. R. Hanson, *Patterns of Discovery*, Cambridge University Press; figura 18, de E. Haeckel, *The Evolution of Man*, Watts & Co.; figuras 20 y 21, de D'Arcy W. Thompson, *On Growth and Form*, Cambridge University Press. Joan Sellwood dibujó las figuras 1, 3, 6, 7, 18 y 19.

